

**Titre:** Développement d'une interface pour faciliter les décisions cliniques et améliorer la prise en charge des traumatismes crânio-cérébraux graves chez l'enfant  
**Title:**

**Auteur:** Sandrine Laliberté  
**Author:**

**Date:** 2023

**Type:** Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

**Référence:** Laliberté, S. (2023). Développement d'une interface pour faciliter les décisions cliniques et améliorer la prise en charge des traumatismes crânio-cérébraux graves chez l'enfant [Mémoire de maîtrise, Polytechnique Montréal]. PolyPublie.  
**Citation:** <https://publications.polymtl.ca/55735/>

 **Document en libre accès dans PolyPublie**  
Open Access document in PolyPublie

**URL de PolyPublie:** <https://publications.polymtl.ca/55735/>  
**PolyPublie URL:**

**Directeurs de recherche:** Philippe Doyon-Poulin, & Tomàs Dorta  
**Advisors:**

**Programme:** Maîtrise recherche en génie industriel  
**Program:**

**POLYTECHNIQUE MONTRÉAL**

Affiliée à l'Université de Montréal

**Développement d'une interface pour faciliter les décisions cliniques et améliorer la prise en charge des traumatismes crânio-cérébraux graves chez l'enfant**

**SANDRINE LALIBERTÉ**

Département de mathématiques et de génie industriel

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de *Maîtrise ès sciences appliquées*

Génie industriel

Août 2023

# **POLYTECHNIQUE MONTRÉAL**

Affiliée à l'Université de Montréal

## **Développement d'une interface pour faciliter les décisions cliniques et améliorer la prise en charge des traumatismes crânio-cérébraux graves chez l'enfant**

présenté par **Sandrine LALIBERTÉ**

en vue de l'obtention du diplôme de *Maîtrise ès sciences appliquées*

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

**Antoine LEGRAIN**, président

**Philippe DOYON-POULIN**, membre et directeur de recherche

**Tomás DORTA**, membre et codirecteur de recherche

**Pascale LEHOUX**, membre

## REMERCIEMENTS

J'aimerais souligner et remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage au CHUSJ et qui m'ont aidée lors de la rédaction de ce mémoire.

Tout d'abord, j'aimerais remercier, mon directeur de mémoire M. Philippe Doyon-Poulin, professeur en génie industriel à la Polytechnique de Montréal pour sa disponibilité et son aide précieuse lors du développement de l'interface et de la rédaction. Parallèlement, je tiens à remercier mon co-directeur M. Tomàs Dorta, professeur en design industriel à l'Université de Montréal, qui m'a amenée à me questionner et repousser mes limites en matière de conception.

Leur expertise et leur talent m'ont amenée à me dépasser et remettre un travail dont je suis fière.

J'aimerais également mentionner toute l'équipe du CHUSJ et de la Polytechnique de Montréal pour m'avoir soutenu dans la réalisation de ce stage, particulièrement en ce qui concerne la gestion et la complétion de l'étude.

À cet effet, je tiens à témoigner toute ma reconnaissance aux personnes suivantes, pour leur aide dans la réalisation de ce mémoire :

DR Guillaume Emeriaud, pour avoir eu la générosité de partager ses connaissances et ses expériences concernant le milieu médical et la prise en charge des TCCG. J'aimerais également souligner son support tout au long du développement de l'interface, car son apport a été déterminant dans le succès de ce projet.

DR Philippe Jovet, pour m'avoir accordé sa confiance pour le déploiement de ce projet et de m'avoir impliqué dans plusieurs activités valorisantes et stimulantes auprès de l'équipe de recherche.

Finalement, j'aimerais souligner la participation des employés de l'USIP du CHUSJ aux activités de recherche, ainsi que leurs accueils chaleureux et leur générosité quant à leur expertise et leurs temps. Ils ont été d'un grand soutien dans l'élaboration de ce projet.

## RÉSUMÉ

Le traumatisme crânio-cérébral grave est une cause majeure de décès et d'invalidité chez l'enfant. La prise en charge de ce type de condition est d'ailleurs complexe, multimodale, et nécessite une surveillance étroite pour éviter le risque de complications sous-jacentes, d'apparition de lésions secondaires ou de mortalité. Depuis près de 20 ans, des recommandations et lignes directrices ont été mises en place pour soutenir les cliniciens, mais leur application demeure faible en pratique, particulièrement pour la prise en charge d'un traumatisme crânio-cérébral grave en pédiatrie. En effet, comme le cerveau est en cours de développement, les enfants présentent une réponse pathologique variable et des symptômes neurologiques uniques quant au traumatisme. Il est donc difficile d'appliquer ces recommandations, comme elles se basent sur des moyennes et ne considèrent pas les particularités du cerveau en développement. Ceci impacte la capacité des cliniciens à prendre des décisions, comme il s'avère difficile d'anticiper les impacts et les trajectoires du patient.

En plus des enjeux de prise en charge des traumatismes crânio-cérébraux graves en pédiatrie, on constate que l'unité des soins intensifs est un environnement de travail complexe, rapide et pluridisciplinaire, où le suivi de patient requiert l'analyse d'un volume important de données. On constate également un niveau de stress et de fatigue induit chez les employés. Ces différents facteurs affectent la capacité des cliniciens à prendre des décisions et augmentent le risque d'erreur médicale, ce qui peut mener à des complications graves et parfois fatales. Ainsi, pour la prise en charge de cas complexe, les milieux hospitaliers pourraient tirer avantage d'une visualisation et d'affichages bien conçus en vue d'augmenter les capacités humaines en matière de prise de décision clinique et de soutenir l'application des lignes directrices auprès de l'équipe médicale.

Dans ce contexte, l'implémentation de systèmes d'information d'aide à la décision pourrait être une solution intéressante pour soutenir les cliniciens et améliorer la prise en charge de cas complexe, notamment les traumatismes crânio-cérébraux graves. Bien que cette solution semble prometteuse, les systèmes d'information d'aide à la décision en santé offerts actuellement sont rares et les interfaces proposées présentent des problèmes majeurs en matière d'utilisabilité et d'expérience utilisateur. Ceci peut avoir des impacts considérables sur le risque d'erreur humaine, la charge de travail, la sécurité des patients, puis limite l'accessibilité de ce type d'outil dans le secteur de la santé.

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons développé une interface utilisateur pour le système d'information d'aide à la décision OptiBrain, qui vise l'étude du système neurologique. En vue d'assurer une bonne utilisabilité de l'interface, ce projet a respecté les étapes et les phases relatives à la conception centrée utilisateur pour l'atteinte des objectifs lors de la phase d'exploration, d'analyse et de génération.

Pour la phase d'exploration et d'analyse, nous avons mené dix entretiens semi-dirigés auprès des cliniciens : 7 médecins, 2 infirmières et 1 « fellow »<sup>1</sup>. De même, nous avons réalisé 3 journées d'enquête contextuelle à l'unité des soins intensifs en accompagnant une infirmière, une infirmière-chef et un médecin. Les données collectées nous ont permis de comprendre les exigences relatives aux utilisateurs finaux, à leur environnement de travail et de prioriser et classifier les indicateurs du système OptiBrain. Ceci a permis de guider la conception lors de la phase de génération. Par l'entremise de 10 séances de design collaboratif, nous avons été en mesure de corriger et faire évoluer la solution proposée. Il demeure important de souligner l'aspect itératif de l'application de la conception centrée utilisateur, puisque certains retours en arrière étaient nécessaires entre les phases en vue de valider la solution. Sur l'interface retenue pour ce projet, on retrouve 5 grandes zones, soit la barre de navigation principale, la barre de navigation par système, le dossier patient, l'adhérence aux lignes directrices et les données en temps réel. L'objectif global est d'offrir une synthèse contextuelle des données cliniques et un aperçu de la trajectoire du patient et ce en vue d'augmenter la conscience de la situation du clinicien concernant l'état neurologique et les indicateurs problématiques associés. À terme, cette solution permettra de soutenir la prise de décision, réduire le risque d'erreur humaine et augmenter la sécurité du patient.

Dans l'ensemble, nous considérons que ce projet a permis de répondre aux objectifs de recherche et de faire avancer les connaissances en matière de système d'information d'aide à la décision en santé, en proposant une interface utilisateur spécifique à la gestion des traumatismes crâniens graves. De plus, les recommandations et critères de design émis permettront de soutenir le développement d'éventuels systèmes d'information d'aide à la décision en santé. Ceci s'avère

---

<sup>1</sup> La traduction française du terme « fellow » est « moniteur de clinique ». Cependant, en milieu clinique, le terme « fellow » est communément utilisé. Pour cette raison, celui-ci sera utilisé dans l'ensemble de ce mémoire.

particulièrement important, comme aucune méthode de communication n'a été standardisée ou adoptée à grande échelle. Ce travail pourrait d'ailleurs influencer d'autres secteurs (ex. : militaire ou aviation) en ce qui a trait au développement d'interface pour la prise de décision rapide et complexe et ce dans des environnements où le coût de l'erreur humaine est critique.

## ABSTRACT

Severe Traumatic Brain Injury is a leading cause of death and disability in children. The management of this type of condition is complex, multimodal and requires close monitoring to avoid the risk of underlying complications, the appearance of secondary lesions or mortality. For nearly 20 years, recommendations and guidelines have been put in place to support clinicians however they remain poorly used within medical practice, particularly in the management of pediatric Severe Traumatic Brain Injury. Indeed, because the brain is still in development, children show a variable pathological response and unique neurological symptoms to the trauma. It is therefore difficult to apply these recommendations, as they are based on averages and do not consider the particularities of the developing brain. This impacts clinicians' ability to make decisions, as it is difficult to anticipate the impacts on the patient's conditions trajectory.

In addition to the issues relating to the management of Severe Traumatic Brain Injury in pediatrics, we note that the intensive care unit is a complex, rapidly changing and multidisciplinary work environment, where the follow-up of a complex patient requires the analysis of a large volume of data. There is also the potential for high levels of stress and fatigue among employees. These various factors affect the ability of clinicians to make informed decisions and increase the risk of medical errors which can cause significant complications and directly lead to fatalities. Thus, for complex case management, hospital settings could benefit from well-designed visualizations and displays to augment human capabilities in clinical decision-making and support the application of medical guidelines.

The implementation of Clinical Decision Support Systems could be an interesting solution to support clinicians and improve the management of complex cases, especially for Severe Traumatic Brain Injuries. Unfortunately, although this solution seems promising, Clinical Decision Support Systems currently offered in healthcare are rare and their interfaces present problems in terms of usability and user experience. This can have considerable impacts on the risk of human error, workload, patient safety, and limits the use of these systems in the healthcare setting.

As part of this thesis, we have developed a graphical user interface for OptiBrain, a Clinical Decision Support System, which studies the neurological system. To ensure its good usability, this project followed the User Centered Design process during the exploration, analysis, and generation phases. For the exploration and analysis phases, we conducted ten semi-structured interviews with

clinicians: 7 doctors, 2 nurses and 1 « fellow ». Similarly, we carried out 3 days of observation in the intensive care unit, accompanying a nurse, a head nurse, and a doctor. The collected data allowed us to understand the requirements for end users, their working environment and to prioritize and classify indicators for the OptiBrain system. This helped guide the design during the generation phase and the conception process. Through ten collaborative design sessions, we were able to correct and evolve the proposed solution. It remains important to underline the iterative aspect of the User Centered Design process since some backtracking was necessary between the phases to validate the solution. The interface chosen for this project contains 5 main sections: the main navigation bar, the navigation bar by system, the patient file, adherence to guidelines and real-time data. The main objective is to provide a summary of clinical data and to offer an overview of the patient's trajectory to increase the clinician's situational awareness regarding the neurological state and associated problematic indicators. Ultimately, this solution will support decision-making, reduce the risk of human error, and increase patient safety.

Overall, we consider that this project met the research objectives and advanced knowledge in the field of Clinical Decision Support Systems, by proposing a first version of a user interface specific to Severe Brain Trauma. In addition, the recommendations and design criteria issued will support the development of future Clinical Decision Support Systems. This is particularly important, as no method of communication has been standardized or widely adopted yet. This work could also influence other sectors (e.g., defense or aviation) regarding the development of interfaces for rapid and complex decision-making in environments where the cost of human error is critical.

## TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS .....	III
RÉSUMÉ.....	IV
ABSTRACT .....	VII
TABLE DES MATIÈRES .....	IX
LISTE DES TABLEAUX.....	XII
LISTE DES FIGURES.....	XIII
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS .....	XV
LISTE DES ANNEXES.....	XVII
CHAPITRE 1 INTRODUCTION .....	1
1.1 Contexte .....	1
1.2 Relations avec les autres SIADC .....	3
1.3 Organisation du mémoire .....	3
CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE.....	4
2.1 Les traumatismes crâniens sévères chez l'enfant.....	4
2.1.1 Les particularités du trauma crânien grave chez l'enfant.....	5
2.1.2 Processus de prise en charge d'un TCC sévère chez l'enfant .....	6
2.1.3 Les lignes directrices pour les traumatismes crâniens sévères.....	8
2.1.4 Particularités de l'USIP pour la prise en charge des TCCG .....	9
2.2 La prise de décision.....	11
2.2.1 La conscience de la situation (CS) .....	11
2.2.2 La fatigue et le stress.....	12
2.3 Les SIADC .....	14
2.3.1 Description des SIADC.....	14

2.3.2	Domaines de soins ciblés par les SIADC.....	15
2.3.3	Classification des SIADC pour l'aide à la décision et au diagnostic .....	20
2.3.4	SIADC du CHUSJ.....	22
2.3.5	L'utilisabilité et l'expérience utilisateur (UX).....	27
2.3.6	La conception centrée utilisateur (CCU).....	28
2.3.7	Cadre de travail de la CCU .....	28
CHAPITRE 3 LES OBJECTIFS DE LA RECHERCHE .....		31
3.1	Problématique.....	31
3.2	Les objectifs de la recherche .....	31
3.2.1	Phase d'exploration et d'analyse.....	33
3.2.2	Phase de génération.....	33
CHAPITRE 4 MÉTHODOLOGIE.....		34
4.1	Méthodes de recherche.....	34
4.2	Confidentialité.....	35
4.3	Participants .....	35
4.4	Phase d'exploration et d'analyse.....	36
4.4.1	Entretiens semi-dirigés.....	36
4.4.2	Enquête contextuelle .....	43
CHAPITRE 5 PROCESSUS DE CONCEPTION .....		50
5.1	Séances de design collaboratif et maquettage.....	50
5.1.1	Participants .....	51
5.1.2	Déroulement des séances et collecte de donnée.....	52
5.1.3	Analyse des données .....	53
CHAPITRE 6 RÉSULTATS.....		62

6.1	Résultats de la phase d'exploration et d'analyse.....	62
6.2	Résultats de la phase de génération.....	65
6.2.1	Barre de navigation principale .....	66
6.2.2	Barre de navigation des systèmes physiologiques d'un patient .....	68
6.2.3	Dossier patient.....	69
6.2.4	Adhérence aux lignes directrices.....	71
6.2.5	Données en temps réel.....	74
CHAPITRE 7 DISCUSSION .....		77
7.1	Principales contributions du mémoire.....	77
7.2	Retour sur les objectifs de recherche.....	79
7.3	Les limites et contraintes.....	80
7.4	Les perspectives de recherche .....	82
CHAPITRE 8 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....		84
RÉFÉRENCES.....		85
ANNEXES .....		97

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 Les 3 niveaux de la CS (Boudreault et al., 2023).....	12
Tableau 2.2 Domaines de soins ciblés par les SIADC (Wright, Sittig, Ash, Feblowitz, et al., 2011) .....	17
Tableau 2.3 Groupement d’indicateurs et noms associés (OptiBrain).....	25
Tableau 4.1 Méthodes employées pour explorer et analyser les besoins utilisateurs et le contexte de l’USIP du CHUSJ.....	34
Tableau 4.2 Description des profils d’utilisateurs et nombre de participants .....	35
Tableau 4.3 Étapes de l’approche des modèles comportementaux de (Goodwin, 2009).....	40
Tableau 4.4 Étapes de l’analyse des données de l’enquête contextuelle .....	47
Tableau 5.1 Processus de conception employé pour la phase de génération de l’interface utilisateur .....	50
Tableau 6.1 Listes des critères de conceptions retenus pour le processus de conception de l’interface utilisateur OptiBrain .....	62

## LISTE DES FIGURES

Figure 2.1 Classification des SIADC selon (Sutton et al., 2020).....	21
Figure 2.2 Architecture du SIADC du CHUSJ, selon (Emeriaud, 2020).....	23
Figure 2.3 Étapes et phases importantes pour effectuer la CCU (Lallemant et al., 2018) .....	29
Figure 3.1 Les étapes et les phases relatives à la CCU pour le développement de l’interface OptiBrain.....	32
Figure 6.1 Prototype retenu pour l’interface utilisateur OptiBrain .....	65
Figure 6.2 Les 5 grandes zones de l’interface utilisateur OptiBrain.....	66
Figure 6.3 Aperçu de la barre de navigation principale.....	66
Figure 6.4 Aperçu de la barre de navigation des systèmes physiologiques d’un patient (à gauche). .....	68
Figure 6.5 Aperçu du dossier patient.....	69
Figure 6.6 Aperçu de l’adhérence aux lignes directrices.....	71
Figure 6.7 Aperçu des données en temps réel.....	74
Figure C.1 Persona 1 : médecin intensiviste pédiatrique du CHUSJ.....	101
Figure C.2 Persona 2 : infirmière intensiviste pédiatrique du CHUSJ.....	102
Figure C.3 Carte d’expérience 1 : médecin intensiviste pédiatrique du CHUSJ .....	103
Figure C.4 Carte d’expérience 2 : infirmière intensiviste pédiatrique du CHUSJ.....	104
Figure C.5 Analyse de la tâche de la tournée médicale pour les médecins.....	105
Figure C.6 Analyses de la tâche d’un transfert entre infirmières et des tâches d’une infirmière lors d’une tournée médicale.....	106
Figure C.7 Analyse de la tâche de la prise en charge d’un patient par une infirmière (situation anormale vs normale).....	107
Figure C.8 Analyse de la tâche de la prise en charge d’un patient transféré par une infirmière.....	108

Figure C.9 Analyse de la tâche de la gestion d'équipe par une infirmière-cheffe d'unité.....	109
Figure C.10 Analyse de la tâche de la gestion des prescriptions par une infirmière-cheffe d'unité. .....	110
Figure C.11 Scénario d'usage d'une journée typique d'une infirmière et les problématiques associées.....	111
Figure C.12 Lieu de prise en charge principal des infirmières .....	112
Figure C.13 Scénario d'usage d'une journée typique d'un médecin et les problématiques associées .....	113
Figure C.14 Lieu de prise en charge principal des médecins.....	114
Figure C.15 Scénario d'usage des étapes d'une tournée médicale pour les médecins.....	115

## LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

CCU	Conception centrée utilisateur
CDSS	Clinical decision support system
CHUSJ	Centre hospitalier universitaire Sainte-Justine
CQL	Clinical quality language
CS	Conscience de la situation
CT	Computerized tomography
DME	Dossier médical électronique
ETC02	CO <sub>2</sub> expiré par le patient
IA	Intelligence artificielle
ICCA	<i>IntelliSpace critical care and anesthesia</i>
INR	<i>International normalised ratio</i>
IHM	Interaction homme-machine
KPI	Indicateurs de performance
MAD	Méthode analytique de description
MedAS	Médicaments d'analgo-sédation
PAC02	Pression artérielle en CO <sub>2</sub>
PAM	Pression artérielle moyenne
PDT	Position de la tête du lit
PIC	Pression intra crânienne
PPC	Pression de perfusion cérébrale
PVC	Pression veineuse centrale
SCG	Score de coma de glasgow
SIADC	Système d'information d'aide à la décision clinique

- SIP Soins intensifs pédiatriques
- TCC Traumatisme crânien cérébral
- TCCG Traumatisme crânien cérébral grave
- TVL Tableau visuel des lits
- USIP Unité des soins intensifs pédiatriques
- UX Expérience utilisateur

**LISTE DES ANNEXES**

ANNEXES ANNEXE A APPROBATION ÉTHIQUE.....	97
ANNEXE B GRILLE DE L'ENTRETIEN SEMI-DIRECTIF.....	99
ANNEXE C RÉSULTATS .....	101

## CHAPITRE 1 INTRODUCTION

### 1.1 Contexte

En 2015, les équipes de recherche de l'Hôpital Sainte-Justine, de l'Hôpital Sacré-Cœur et de Polytechnique de Montréal commencent à travailler en collaboration pour permettre l'implémentation de systèmes informatisés d'aide à la décision clinique (SIADC) (*Clinical Decision Support System*, CDSS). Ce projet d'envergure vise l'utilisation de SIADC pour tous les systèmes physiologiques (cardiaque, respiratoire, rénal, hématologique, neurologique, etc.) et l'intégration de caméras pour la surveillance étroite des patients en temps réel. Ce travail de recherche ne se limite pas au secteur pédiatrique, car il demeure viable pour la surveillance d'un patient adulte.

L'équipe estime que l'utilisation de SIADC sur l'unité des soins intensifs pédiatriques (USIP) pourrait avoir des retombées notables quant à la qualité de la prise en charge de cas aigus et complexes en pédiatrie (Fartoumi et al., 2015). En effet, l'évaluation et le traitement de ce type de patient sont difficiles, comme ceux-ci requièrent l'analyse de nombreuses informations multimodales issues des examens cliniques, de laboratoires, et de la surveillance continue (Anderson et al., 2012). De plus, le processus décisionnel, lors de la prise en charge des patients, est impacté par l'environnement de travail, où le niveau d'urgence, de stress et de charge de travail est élevé (Green et al., 2017). Ainsi, on constate l'importance de promouvoir le développement de SIADC pour soutenir le travail des cliniciens (Fartoumi et al., 2015) et assurer la sécurité des patients (Parush et al., 2011).

Ceci s'avère particulièrement important pour les traumatismes crâniens cérébraux (TCC) graves (TCCG), comme on estime que la prise en charge de ce type de patient est complexe et multimodale, et nécessite une surveillance étroite pour éviter le risque de complications sous-jacentes, d'apparition de lésions secondaires ou de mortalité (Masson, 2021). Précisément, l'approche multimodale requiert le soutien de divers aspects thérapeutiques (circulation sanguine/hémodynamique, soins respiratoires, gestion des fluides, etc.) par l'utilisation de dispositifs médicaux et ce en vue de maintenir une oxygénation cérébrale optimale (Haddad & Arabi, 2012). Pour les TCCG, ceci s'avère déterminant pour l'optimisation de l'état de l'enfant.

Notamment, on estime que cette condition médicale est l'une des principales causes de décès et d'invalidité en pédiatrie. Dans les pays dits « développés », les TCCG représentent le 3<sup>e</sup> facteur de mortalité chez les enfants de moins d'un an, soit environ 15 % des décès totaux (Moreau et al., 2013). Chaque année en Amérique du Nord, on compte plus de 50 000 enfants hospitalisés à l'USIP à la suite d'un TCC (Moreau et al., 2013). Toute instabilité ou retard lors de la prise en charge dans les premiers jours de la phase aigüe augmente le risque de lésions secondaires et de séquelles (Vavilala et al., 2014). Il est donc essentiel d'assurer en tout temps la stabilité de ces patients (Emeriaud, 2020 ; Masson, 2021).

Bien que l'implémentation de SIADC s'avère intéressante pour le suivi de ce type de patient, une revue de la littérature démontre que les SIADC en temps réel pour les TCC sont très rares et ne considèrent pas l'adaptation aux patients individuels (Emeriaud, 2020 ; Fartoumi et al., 2015). En effet, ceux-ci sont actuellement restreints à la détection des écarts de soins importants par rapport aux directives médicales, ce qui limite l'implémentation de ce type d'outil au sein de l'USIP (Emeriaud, 2020 ; Fartoumi et al., 2015).

Dans ce contexte, l'équipe multidisciplinaire du CHUSJ a été en mesure de développer un SIADC nommé « OptiBrain » (Emeriaud, 2020). Ce projet s'inscrit dans la branche concernant le système neurologique, dont le chercheur clinicien senior responsable est Guillaume Émeriaud, un médecin intensiviste pédiatrique au CHUSJ. L'objectif général d'OptiBrain est de faciliter la surveillance étroite des diverses fonctions cérébrales, pour réduire le risque de retard ou d'erreur dans l'interprétation des résultats ou la mise en œuvre des interventions. L'ensemble des données recueillies en continu au chevet du patient est automatiquement analysé par le système OptiBrain, pour générer une synthèse de la qualité de la prise en charge (respect des lignes directrices) (Carney et al., 2016) et une analyse catégorielle de l'état physiologique cérébral du patient (Emeriaud, 2020 ; Fartoumi et al., 2015).

Actuellement, ses résultats sont sous la forme de tableaux de chiffres, où il est ardu pour un clinicien de visualiser et faire le bilan de l'état du patient. Un outil de visualisation convivial est nécessaire afin de faciliter la prise de décision clinique et permettre l'intégration de l'outil dans l'environnement hospitalier. Ce mémoire de maîtrise s'attaque à ce défi.

## **1.2 Relations avec les autres SIADC**

Dans le cadre de ce mémoire, le mandat requiert l'élaboration d'une interface utilisateur pour le système OptiBrain, en particulier pour l'analyse de diverses fonctions neurologiques. Il est important de souligner que l'équipe de recherche au CHUSJ développe plusieurs SIADC pour les autres systèmes physiologiques. La vision à long terme de l'équipe de recherche est de développer un outil d'aide à la décision clinique qui centralise l'ensemble de ces systèmes et permette une prise en charge optimisée des patients aux pathologies variables. Pour réaliser cet objectif, nous avons décidé de nous limiter au développement de l'interface utilisateur pour le système OptiBrain, puisqu'il s'agit du SIADC le plus mature disponible au sein du groupe de recherche. De plus, la nature quantitative des résultats offerts fait de lui le candidat idéal pour la conception d'une interface utilisateur.

La conception d'une première version de l'interface utilisateur pour OptiBrain permettra de guider la conception des interfaces des autres SIADC grâce aux recommandations et critères de design émis. Éventuellement, l'interface conçue dans le cadre de cette maîtrise pourra servir pour les prochains modules d'aide au diagnostic concernant d'autres systèmes.

## **1.3 Organisation du mémoire**

Ce mémoire se divise en 8 chapitres. Tout d'abord, le chapitre 2 présente une revue critique de la littérature mettant en relief les enjeux relatifs aux TCCG à l'USIP, les facteurs en matière de prise de décision, puis les SIADC spécifiques au secteur de la santé. Le chapitre 3 définit les questions de recherche et les objectifs associés. Ensuite, le chapitre 4 présente les méthodes employées pour parvenir à répondre aux objectifs de recherche concernant les phases d'exploration et d'analyse. Le chapitre 5 présente le processus de conception et l'évolution des maquettes lors de la phase de génération. Le chapitre 6 présente les critères retenus, le résultat du développement de l'interface utilisateur et les justifications associées. Finalement, le chapitre 7 présente les principales contributions du mémoire, le retour sur les objectifs, les limites du projet et les perspectives de recherche. On retrouve une conclusion sur le présent mémoire dans le chapitre 8.

## CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE

Pour la revue de la littérature sur les SIADC, ce chapitre débute par la présentation des TCCG chez l'enfant, le processus de prise en charge, les lignes directrices de traitement, puis les particularités de l'USIP quant à la prise en charge. Ensuite, il présente le processus de prise de décision et les facteurs associés, dont la conscience de la situation, et les conséquences du stress et de la fatigue. Ce chapitre conclut avec une étude spécifique relative aux SIADC. Ils seront d'abord définis, puis analysés selon une taxonomie de SIADC en santé (Wright, Sittig, Ash, Feblowitz, et al., 2011), puis une revue de la littérature des SIADC pour la gestion des TCC (Fartoumi et al., 2015). Ils seront ensuite étudiés par rapport à certains principes de la conception centrée utilisateurs (CCU), dont l'expérience utilisateur (UX) et l'utilisabilité. Finalement, une synthèse des conséquences et défis associés à l'implémentation de ce type d'outils en milieu hospitalier sera effectuée et une attention particulière sera apportée au SIADC offert au CHUSJ.

### 2.1 Les traumatismes crâniens sévères chez l'enfant

Les TCC sont à l'origine de problèmes médicaux et sociaux, et demeurent l'une des premières causes de morbidité chez les enfants et les jeunes adultes (Haddad & Arabi, 2012 ; Masson, 2021 ; Pilar et al., 2020). Plus spécifiquement, cette condition médicale se définit comme étant « une atteinte traumatique de la boîte crânienne (le contenu), et/ou du parenchyme cérébral (le contenant) (Masson, 2021) ». Cette lésion, qui affecte le parenchyme cérébral, peut impliquer les hémisphères cérébraux, le cervelet ou le tronc cérébral (Masson, 2021).

Dès l'arrivée à l'hôpital, le TCC est classifié selon un degré de gravité, essentiellement par le *Score de Coma de Glasgow* (SGC) du patient. Le calcul du SGC permet d'évaluer rapidement la conscience des patients traumatisés et de rapporter l'état de la situation sur une échelle allant de 3 à 15 (Fathi et al., 2022 ; Masson, 2021). Il se base principalement sur l'ouverture des yeux, la réponse verbale et sur les réactions motrices (Mao, 2021). En pédiatrie, le SGC doit également être accordé selon l'âge du patient et comporte 3 grandes catégories : 0 à 2 ans ; 2 à 5 ans ; plus de 5 ans (Bouget et al., 2012).

Un TCC chez l'enfant est considéré comme grave lorsque le SGC est inférieur ou égal à 8. À savoir, entre 9 et 12, il est considéré modéré et, entre 13 et 15, comme léger (Bouget et al., 2012). Ce premier diagnostic global des fonctions cérébrales et des lésions primaires entraîne un cadre

d'intervention pour la prise en charge des patients admis à l'USIP. Cependant, il ne permet pas l'identification de lésions secondaires et sous-jacentes, dont le risque d'apparition est critique durant les premières heures et jours suivant l'admission (Fathi et al., 2022 ; Masson, 2021). En fait, les lésions primaires sont irréversibles, comme les tissus cérébraux morts ne peuvent se régénérer (Mao, 2021). En revanche, les lésions secondaires ou sous-jacentes peuvent être empêchées par une prise en charge efficace du patient. Ceci s'avère crucial pour éviter les séquelles motrices, cognitives et comportementales que l'on associe à 25 % à 50 % des cas (Bennett et al., 2016) et pour réduire le risque de mortalité que l'on observe pour près du tiers des patients (Masson, 2021). À noter, ces données cliniques s'appliquent aux patients atteints de TCCG.

### **2.1.1 Les particularités du trauma crânien grave chez l'enfant**

Par rapport au TCCG, la prise en charge est plus complexe et multimodale chez l'enfant que chez l'adulte. En effet, comme le cerveau est en cours de développement, il est plus difficile pour l'équipe médicale d'anticiper les impacts de cette condition, comme les enfants présentent une réponse pathologique variable et des symptômes neurologiques uniques quant au traumatisme (Araki et al., 2017). Ceci impacte également la qualité d'application des lignes directrices et des recommandations cliniques (Carney et al., 2016) (se référer à la section [2.1.3](#)), comme celles-ci se basent sur des moyennes et ne considèrent pas les spécificités d'un cerveau en développement (Kochanek et al., 2019 ; Milette et al., 2017).

Ensuite, dans 45 % des cas, les chutes et les accidents sur les voies publiques sont à l'origine des TCCG chez l'enfant (Masson, 2021 ; Weber et al., 2021). Ceci augmente les chances de polytraumatismes, c'est-à-dire que plusieurs systèmes physiologiques sont altérés à la suite du traumatisme à l'origine du TCCG (Weber et al., 2021). Plus précisément, on associe fréquemment les polytraumatismes pédiatriques avec une altération des extrémités, de la poitrine et de l'abdomen chez l'enfant (Weber et al., 2021). De plus, par rapport à l'adulte, les schémas traumatiques associés aux polytraumatismes dépendent fortement de l'âge, du poids et de la taille du patient (Weber et al., 2021). Ceci complexifie considérablement le processus de prise en charge (Fartoumi et al., 2015) et augmente le risque de létalité tardive chez les enfants (>24 h) (Weber et al., 2021).

Bref, il s'avère plus difficile d'encadrer l'approche thérapeutique des cliniciens, car la prise en charge des TCCG chez l'enfant est imprévisible et interdisciplinaire. On constate d'ailleurs la nécessité d'augmenter les données cliniques (marqueurs de laboratoire, résultats d'imagerie,

données de moniteur, etc.) pour assurer l'adaptation et la personnalisation des traitements (Araki et al., 2017 ; Weber et al., 2021).

## **2.1.2 Processus de prise en charge d'un TCC sévère chez l'enfant**

Considérant les particularités pédiatriques des TCCG, la prise en charge des patients traumatisés est complexe et nécessite un niveau de soins minutieux suivant une approche protocolaire multimodale (Haddad & Arabi, 2012). Comme expliqué précédemment, cette méthode implique le soutien de divers aspects thérapeutiques (circulation sanguine/hémodynamique, soins respiratoires, gestion des fluides, etc.) en vue de réduire l'apparition exponentielle de lésions cérébrales secondaires et de maintenir une oxygénation cérébrale optimale (Haddad & Arabi, 2012).

Chaque étape spécifique au processus de prise en charge du patient traumatisée sera présentée dans cette section.

### **2.1.2.1 Diagnostic d'admission**

Lors de son admission aux urgences, le patient est stabilisé alors que l'équipe soignante effectue l'évaluation et le plan de traitement (Wooldridge et al., 2019). Après l'application du SCG et l'examen clinique initial (Fathi et al., 2022 ; Masson, 2021), le patient classifié TCCG passera des tests de laboratoire, une échographie Doppler transcrânienne et/ou un CT scan (*computerized tomography scan*) (Araki et al., 2017 ; Kochanek et al., 2019 ; Orliaguet et al., 2008). Un patient polytraumatisé ou présentant des signes d'hématome sous-dural ou d'épidurale compressive pourrait nécessiter des interventions chirurgicales (Orliaguet et al., 2008).

Tout au long de cette phase, l'équipe médicale devra apporter une attention particulière au risque de polytraumatisme, car la négligence de l'interrelation entre les systèmes est l'une des sources d'erreur les plus courantes dans le milieu médical (Orliaguet et al., 2008). De plus, il est important de souligner le risque exponentiel quant à la radiation liée à l'utilisation de CT scan (Ballard et al., 2019 ; National Cancer Institute, 2022). Bien que l'imagerie médicale soit importante pour la prise de décision, l'exposition à la radiation causée par leur usage entraîne la mortalité chez 1 patient sur 1000, et que les risques s'accroissent pour les patients en bas âge (Kohar Jones & Gail Patrick, 2010 ; National Cancer Institute, 2022).

### **2.1.2.2 Admission à l'USIP et la phase de neuroprotection**

Après la complétion du diagnostic initial, des tests cliniques et des interventions chirurgicales nécessaires, le patient sera admis sur l'USIP. Durant les premières 24 h à 72 h, l'équipe médicale vise à maximiser la neuroprotection du patient, c'est-à-dire d'optimiser le flux sanguin et l'oxygénation du cerveau en vue de réduire le risque d'apparition de lésions et séquelles secondaires (Agrawal, 2016). Pour y parvenir, le patient sera mis sous sédation et sous amines (Kochanek et al., 2019), pour faciliter l'intubation et minimiser la pression intracrânienne (PIC) (Flower & Hellings, 2012). Dans le cas échéant, le niveau de sédation varie en fonction du patient et de ses besoins spécifiques. Celle-ci sera administrée de façon intermittente ou continue, puis sera ajustée tout au long du traitement (Gauvin et al., 2016).

Durant cette phase, la neuro-surveillance est multimodale et requiert la mobilisation de plusieurs ressources pour assurer l'analyse des différents aspects thérapeutiques (Yang, 2020). Les plans de traitement sont souvent ajustés par l'équipe médicale (Haddad & Arabi, 2012). Dans ce contexte, l'équipe soignante effectuera au moins deux tournées médicales durant la journée. Selon une étude méta-analyse menée en 2021, chaque visite sera effectuée en moins de 20 minutes (Savoy et al., 2021).

Cette phase implique principalement la gestion et l'ajustement en continu de la PIC et de la pression de perfusion cérébrale (PPC) (Agrawal, 2016 ; Emeriaud, 2020). En parallèle, l'équipe médicale devra effectuer plusieurs manipulations importantes pour assurer l'évolution positive de l'état de l'enfant, dont : le contrôle de la fièvre ; le contrôle d'obstruction veineuse jugulaire ; le maintien d'une oxygénation artérielle adéquate ; l'analyse de la tension artérielle moyenne (Kochanek et al., 2019).

Globalement, cette phase de neuro-surveillance est particulièrement complexe pour les cliniciens, comme chaque nouveau patient présente des caractéristiques uniques (anatomiques, physiologiques, psychologiques et historiques). Ceci augmente considérablement le risque d'erreur humaine et les enjeux de sécurité pour l'enfant traumatisée, comme l'analyse de ces indicateurs demeure imprévisible en pratique (Emeriaud, 2020 ; Fartoumi et al., 2015). Dans certains cas, l'utilisation d'un capteur de pression intracrânienne intraparenchymateuse (iCP) s'avère nécessaire pour la gestion de la PIC et de la PPC (Kochanek et al., 2019). Néanmoins, ceci demeure une

intervention invasive qui peut être difficile ou impossible à effectuer pour les patients en bas âge (Kochanek et al., 2019).

### **2.1.2.3 La neuro-réhabilitation en milieu hospitalier**

On associe la neuro-réhabilitation pour un TCCG à l'ensemble des étapes entre la rééducation précoce des patients, jusqu'à la réhabilitation dans les milieux sociaux et professionnels (Oberholzer & Müri, 2019). La réadaptation en milieu hospitalier se caractérise par une période d'altération de la conscience. Ce processus est influencé par divers facteurs, comme les caractéristiques du patient, le niveau de gravité du TCC, le type de sédation utilisée durant la phase de neuroprotection ou encore le moment où la neuro-réhabilitation est entamée dans la prise en charge (Flower & Hellings, 2012 ; Oberholzer & Müri, 2019).

En vue de générer une première altération de la conscience du patient sous-sédation, celui-ci devra passer en phase d'éveil. Précisément, la sédation administrée sera réduite graduellement et l'intubation invasive sera généralement retirée. Le patient passera ensuite en état post-confusionnel, puis en état de récupération fonctionnelle, qui se caractérise par divers troubles cognitifs, comportementaux, émotionnels et sensori-moteurs (Oberholzer & Müri, 2019). Advenant que le patient soit polytraumatisé, la réadaptation en milieu hospitalier peut être plus longue (Oberholzer & Müri, 2019).

Dans l'ensemble, par rapport à la phase de neuroprotection, la phase de neuro-réhabilitation se caractérise par une prise en charge du patient considérablement moins complexe pour l'équipe soignante, comme le nombre d'indicateurs à analyser est considérablement réduit.

### **2.1.3 Les lignes directrices pour les traumatismes crâniens sévères**

En vue d'encadrer davantage l'équipe de soin lors du processus de prise en charge, d'orienter l'approche thérapeutique et de réduire l'apparition exponentielle de lésions cérébrales secondaires, la *Brain Trauma Foundation* (2023) a proposé les premières lignes directrices en 2003. Depuis, plusieurs mises à jour de ces lignes directrices ont été effectuées, dont la plus récente édition date de 2019. Il s'agit des seuls barèmes reconnus pour les TCCG spécifiques à l'enfant, à l'exception des barèmes régionaux français. Néanmoins, les barèmes européens s'intéressent uniquement à la prise en charge précoce (les premières 24 heures) du patient traumatisé (Geeraerts et al., 2016).

En contexte clinique, les lignes directrices offrent à l'équipe soignante un cadre d'intervention quant aux traitements à administrer, et aux cibles thérapeutiques et de monitoring lors de la prise en charge d'un TCCG chez l'enfant (Kochanek et al., 2019).

Depuis la conception de ces barèmes, on constate une corrélation entre le respect de l'application des lignes directrices et la qualité de l'évolution de l'enfant traumatisée (Kochanek et al., 2019). Or, en dépit de l'amélioration quant à la prise en charge et son homogénéisation grâce à ces barèmes, le taux de mortalité après TCCG demeure supérieur à 25 % (Moreau et al., 2013). Ceci s'explique en partie par le fait que le niveau d'application des lignes directrices reste faible en pratique. En effet, comme souligné précédemment, la prise en charge des TCCG chez l'enfant est particulièrement complexe, car le cerveau pédiatrique est en cours de développement. Ceci augmente la propension à développer des lésions secondaires et implique un ajustement plus spécifique des cibles thérapeutiques et ce en fonction de l'âge. Ainsi, l'application des lignes directrices s'avère plus ardue, ce qui augmente le risque de développer des séquelles ou la mortalité (Masson, 2021). Il existe plusieurs raisons plus générales qui expliquent les problèmes d'application des lignes directrices (Barth et al., 2016 ; Broliar et al., 2016), notamment :

- 1— Le manque de niveau de preuve scientifique ;
- 2— Les facteurs liés aux contraintes organisationnelles et au contexte d'application ;
- 3— Le manque de diffusion des lignes directrices ;
- 4— Le manque de connaissance concernant les lignes directrices ;
- 5— Le manque de clarté et d'applicabilité au quotidien des lignes directrices ;
- 6— L'absence de culture d'équipe pour l'utilisation des protocoles.

Clairement, un outil pour soutenir l'application des lignes directrices auprès de l'équipe médicale serait un ajout bénéfique pour assurer leur adhérence au sein des milieux hospitaliers.

#### **2.1.4 Particularités de l'USIP pour la prise en charge des TCCG**

Les sections précédentes démontrent le niveau de complexité et les particularités associées à la prise en charge d'un enfant atteint d'un TCCG. Dans ce contexte, l'USIP requiert la mobilisation d'une équipe multidisciplinaire et une organisation hiérarchique pour déléguer les responsabilités aux différents membres de l'équipe. De plus, pour parvenir à offrir des soins adaptés et accomplir

les tâches requises, ceux-ci nécessitent la mobilisation de ressources (moniteurs, écrans, outils, etc.) et l'utilisation d'une variété de lieux physiques (la salle d'opération, les unités médicales et/ou les unités chirurgicales, etc.) (Fartoumi et al., 2015)

Ces besoins en matière de prise en charge causent une augmentation considérable de la quantité de transitions nécessaires par patients sur l'USIP. À titre de référence, dans une même journée, un enfant peut être transféré plusieurs fois dans les divers lieux physiques de l'hôpital (Mahmoudi, 2020). En plus de mobiliser les ressources disponibles, ceci engendre des risques graves en ce qui concerne la sécurité des patients (Mahmoudi, 2020), notamment :

- 1) L'augmentation de la durée de séjour à l'hôpital ;
- 2) Les délais pour les prescriptions de médicaments ;
- 3) Les problèmes de communication entre les membres de l'équipe soignante<sup>2</sup>.

Wooldridge et al. (2019) démontre également que l'organisation et l'environnement complexe de l'USIP ont une incidence quant à la qualité de la prise en charge du patient. En effet, l'USIP se caractérise par son aspect dynamique, rapide, sensible aux changements et imprévisible (Wooldridge et al., 2019). De plus, il implique l'utilisation croissante des mégadonnées médicales dans le processus de prise en charge (Roham et al., 2021).

Bref, en vue d'octroyer un niveau de soin adapté, le clinicien doit être en mesure de traiter des pathologies complexes et ce tout en assurant une gestion méthodique des différentes composantes sociales (ex. : employés, communications, distribution des tâches, etc.) et techniques de l'environnement (ex. : gestion de l'équipement, ajustement des cibles sur les systèmes, etc.) (Wooldridge et al., 2019)

Évidemment, le milieu hospitalier pourrait tirer avantage d'une visualisation et d'affichages bien conçus en vue d'augmenter les capacités humaines en matière de prise de décision clinique et d'améliorer la qualité des soins offerts aux prestataires dans ces environnements complexes (Rodham et al., 2021 ; Shu, Y. & Furata, K., 2005 ; Wooldridge et al., 2019).

---

<sup>2</sup> Selon *The Joint Commission for Hospital Accreditation in the USA* (Kawamoto et al., 2005), les erreurs de communication sont à l'origine de 70 % des incidents graves en santé.

## **2.2 La prise de décision**

La section 2.1 du présent mémoire démontre que la prise en charge d'un TCCG est multimodale, ardue et évolutive. De plus, les environnements de travail complexes et pluridisciplinaires impactent le travail des cliniciens et la prise de décision (Wooldridge et al., 2019). Ceci augmente grandement le risque d'erreurs humaines et affecte invariablement la sécurité des patients (Green et al., 2017 ; Kaempf et al., 1996). D'ailleurs Kostopoulou (2008) indique que les erreurs médicales surviennent en grande majorité lors de la prise de décision en milieu hospitalier.

Afin de concevoir une interface utilisateur facilitant la prise de décision pour les TCCG, deux éléments seront importants à considérer, soit la conscience de la situation et l'effet délétère du stress et de la fatigue. Ces éléments sont expliqués ci-dessous.

### **2.2.1 La conscience de la situation (CS)**

Depuis son développement en aviation pour l'analyse d'erreurs humaines lors d'un accident, la conscience de la situation (CS) a influencé plusieurs secteurs, dont celui de la médecine concernant la prise de décisions cliniques complexes et dynamiques (Boursault et al., 2023 ; Wooldridge et al., 2019). En effet, la CS agit comme un intrant déterminant lors de la prise de décision puisqu'elle représente la capacité d'un opérateur à donner un sens à une situation (Boy, 2022 ; Endsley, 1995). À cet effet, l'augmentation de la CS est associée à une augmentation de la sécurité des patients, la réduction de l'erreur humaine et une meilleure performance d'équipe (Green et al., 2017 ; Parush et al., 2011).

Plus spécifiquement, la CS se définit comme la perception des éléments pertinents d'information de ce qui nous entoure, la compréhension de leur signification et la projection de leurs états futurs (Endsley, 1995). Ainsi, on distingue 3 grands niveaux (Tableau 2.1) acycliques ou non linéaires qui permettent la construction de la CS (Boudreault et al., 2023). Ceux-ci dépendent des facteurs individuels de l'opérateur (ex. : le niveau d'expertise) et sont liés à la tâche (ex. : interface utilisée, charge de travail) (Boudreault et al., 2023). D'ailleurs, sur l'USIP, la prise de décision implique différentes parties prenantes, dont le niveau d'expertise et les tâches à effectuer différent (Wooldridge et al., 2019 ; Wulff et al., 2018). Dès lors, il est important de considérer la CS individuelle en fonction de la CS d'équipe (Flin et al., 2009). En effet, la CS d'équipe permet d'offrir une construction partagée, juste et acceptée de la situation, ce qui s'avère particulièrement

critique dans ce contexte de travail pluridisciplinaire, où la compréhension d'une situation est variable et instable (Brangier & Valléry, 2021).

Tableau 2.1 Les 3 niveaux de la CS (Boudreault et al., 2023)

Niveau	Description
<b>Niveau 1</b>	Percevoir et récolter les informations de son environnement nécessaires à la prise de décision et à la complétion de la tâche.
<b>Niveau 2</b>	Comprendre et synthétiser les informations perçues en niveau 1, dans l'optique d'avoir une vue d'ensemble de l'état actuel de la situation. Le processus d'interprétation des données et la reconnaissance de nouveau patron requièrent l'utilisation de la mémoire à long terme et de ses patrons acquis. Ainsi, le niveau d'expertise de l'opérateur est un facteur déterminant à cette étape.
<b>Niveau 3</b>	Projeter l'état futur de la situation comprise au niveau 2 et évaluer son évolution dans le temps en vue de faire des prédictions adéquates

Bref, lors du développement d'une interface utilisateur, on constate qu'il est important d'offrir une bonne CS. Notamment, ceci permet à l'utilisateur d'avoir une vue d'ensemble de la situation en un seul coup d'œil afin de limiter le temps de recherche sur le système, ce qui s'avère particulièrement déterminant dans un environnement où la pression temporelle et le volume de données sont notables (Boudreault et al., 2023). Pour ce faire, il est important d'identifier les informations pertinentes pour la prise de décision (CS de niveau 1), structurer l'information selon le modèle mental de l'utilisateur afin de reconnaître l'état de la situation (CS de niveau 2) et offrir des informations de tendance sur l'évolution de la situation (CS de niveau 3) (Hébert-Lavoie et al., 2021).

### 2.2.2 La fatigue et le stress

L'environnement hospitalier de l'USIP et la charge de travail actuelle peuvent entraîner un état de fatigue et de stress chez les travailleurs. Ceci affecte invariablement les capacités d'un individu ou d'une équipe à prendre une décision ou construire une CS, puisque ces états peuvent mener à une réduction de certains facteurs cognitifs individuels (Flin et al., 2009) et réduire la capacité d'un individu à accomplir une tâche. Ces conséquences sur la prise de décision ont d'ailleurs été

associées à un risque d'erreurs médicales, à une productivité réduite et à une mauvaise performance d'équipe (Weinger et al., 2011).

Dans son ouvrage *Life and Death Design*, Katie Swindler (2021) explique d'ailleurs comment le stress généré par une situation de détresse impacte le fonctionnement du cerveau et le processus de prise de décision. Notamment, elle explique que, sous l'égide de la détresse, on distingue le stress aigu (stress temporaire) et chronique (stress continu). Dans les deux cas, on constate des conséquences relatives aux capacités cognitives d'un opérateur. En effet, on associe un individu stressé comme étant moins rationnel, sensible à des interfaces problématiques et plus à risque de commettre des erreurs (Swindler, K, 2021). De plus, elle souligne que les interfaces utilisateurs peuvent également accentuer le niveau de stress d'un individu. Par exemple, dans le domaine médical, une étude démontre que l'utilisation de dossiers médicaux électroniques (DME) génère un sentiment d'épuisement pour près de 70 % des utilisateurs primaires (Jankovic & Chen, 2020).

On constate également que les horaires de travail considérable, le manque de personnel et le fonctionnement organisationnel actuel peuvent entraîner un état de fatigue considérable chez les travailleurs. Selon une étude menée par en 2019 par Flin, l'effet délétère de la fatigue peut mener à une réduction quant à la performance cognitive et communicationnelle d'un individu. Notamment, les effets néfastes de la fatigue quant à la sécurité des patients sont grandement documentés dans la littérature (Grissinger, 2009).

Ainsi, lors de la conception d'interface pour des environnements complexes et imprévisibles, il est primordial de considérer la réponse humaine quant au stress et la fatigue et ce en vue de limiter leurs effets délétères. Pour ce faire, en vue de soutenir la prise de décision et la CS, l'interface utilisateur doit permettre à l'opérateur d'effectuer des actions raisonnées en présentant des étapes simples et actionnables, et qui reflètent son modèle mental. Les critères de design déterminants face au stress (Swindler, K, 2021) sont d'une grande aide :

- 1- Combiner les données écrites et visuelles ;
- 2- Regrouper les informations complexes en plus petits groupes ;
- 3- Créer des interactions qui permettent le retour en arrière sur le système ;
- 4- Utiliser un langage simple ;
- 5- Interpeller l'utilisateur et ses connaissances avec l'information présentée ;

6- Assigner la responsabilité des tâches et hiérarchiser l'information ;

7- Prévenir les biais lors de la prise de décision (ex. : informations manquantes ou cachées).

Bref, ce chapitre démontre que le cerveau humain est limité et sujet à l'erreur, en particulier lorsqu'il traite un large volume d'information dans un environnement hospitalier très stressant et fatigant. Un SIADC bien conçu pourrait permettre de soutenir la prise de décision et d'assurer la sécurité des patients.

## **2.3 Les SIADC**

Les sections 2.1 et 2.2 démontrent l'intérêt d'implémenter un SIADC pour soutenir la prise en charge des TCCG sur l'USIP et décrivent les implications en matière de prise de décision et de limites humaines. Ainsi, dans cette section, les concepts importants en matière de SIADC en santé seront traités, puis les concepts en matière de CCU seront présentés, dont l'UX et l'utilisabilité.

### **2.3.1 Description des SIADC**

Depuis leur première implémentation dans les années 1980, les SIADC ont grandement évolué et influencé le milieu de la santé. En effet, on constate un changement de paradigme quant au processus de soins dans les milieux hospitaliers, où les SIADC s'inscrivent désormais comme support à la prise de décisions complexes des cliniciens (Sutton et al., 2020). L'objectif de ce type de système est d'augmenter la CS et de réduire le risque d'erreurs humaines. Pour ce faire, les SIADC donnent aux cliniciens des connaissances cliniques ciblées, des informations sur les patients ou encore d'autres informations importantes sur la santé (Sutton et al., 2020). Selon une revue de la littérature effectuée en 2015, on associe d'ailleurs l'utilisation de ce type de système avec une augmentation de la performance des cliniciens de 64 % et une amélioration du devenir des patients de 13 % (Kawamoto et al., 2005).

Bien que les SIADC puissent fonctionner de manière autonome, ceux-ci sont souvent consolidés avec les données en temps réel des DME disponibles sur l'USIP. Le DME est une base de données qui contient l'ensemble des renseignements médicaux sur le patient obtenus à travers le temps (Kumar & Paiva, 2021). Entre autres, il inclut toutes les informations administratives et cliniques, dont les données démographiques, les notes d'évolution, les problèmes, les médicaments, les signes vitaux, les antécédents médicaux, les vaccinations et les données de laboratoire (Kumar & Paiva,

2021). On constate d'ailleurs une augmentation de l'adoption des DME à l'échelle mondiale. En effet, en 2021, selon les données émises par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE<sup>3</sup>), 93 % des centres de soins primaires dans 24 pays de l'OCDE utilisent des DME. Parallèlement, ceci favorise l'augmentation de l'adoption des SIADC et ouvre de nouvelles perspectives sur la façon d'imaginer la prise en charge des patients. De plus, la collecte, la surveillance et l'analyse de données physiologiques en continu deviennent plus précises et promeuvent de grands avancements pour l'implémentation de ce type de système (Ometov et al., 2021).

### **2.3.2 Domaines de soins ciblés par les SIADC**

Depuis l'augmentation de leur adoption dans le domaine médical, le développement des SIADC a influencé divers domaines de soins dont : les soins préventifs, le diagnostic, la gestion des traitements, la gestion des suivis et la gestion de l'USIP et de ses ressources. Ces domaines d'applications ont été sélectionnés à partir de la taxonomie développée par Wright (2011). Précisément, cette classification repose sur l'analyse de 53 outils de SIADC en santé, dont l'analyse a été effectuée par 11 experts du domaine. À partir de cette taxonomie, les fonctions associées à chacune des catégories d'application ont été extraites, puis des exemples concrets d'application ont été sélectionnés en vue d'illustrer les objectifs, les limites et les forces de SIADC disponibles actuellement. Le Tableau 2.2 résume les points déterminants de cette synthèse et de l'analyse effectuée.

Dans l'ensemble, l'étude de l'existant et la taxonomie par Wright (2011) prouve que les SIADC en santé demeurent limités et qu'il s'avère important de les rendre accessibles, particulièrement par l'entremise de développement d'interface utilisateur. À cet effet, les SIADC les plus développés en la matière sont ceux concernant la gestion des ressources, dont des outils pour la gestion des factures ou encore des médicaments en pharmacie (Omics, 2021 ; Wright et al., 2011). Quant à eux, les interfaces utilisateurs pour les outils d'aide à la décision/diagnostic sont plus rares et

---

<sup>3</sup> La base de données de l'OCDE a été sélectionnée pour cette recherche étant donné qu'elle représente une source fiable et exhaustive de données internationales sur les soins de santé. À noter, le pourcentage cité peut possiblement amplifier la pénétration réelle et l'exhaustivité des DME.

aucune méthode de communication n'a été standardisée pour leur implémentation (Sutton et al., 2020). De plus, l'intégration d'outil d'aide à la décision en santé nécessite la conception d'une base de connaissance complexe et des expertises plus robustes. Ces facteurs limitent le développement d'interface utilisateur pour ces systèmes et leur déploiement en milieux hospitaliers.

Également, selon l'étude de l'existant, on constate des enjeux notables concernant l'utilisabilité et l'intégration efficace des interfaces utilisateurs pour les SIADC. Ces problèmes limitent le taux d'adoption de ces systèmes en milieu clinique, car ceux-ci ajoutent une charge supplémentaire au flux de travail et consomment le temps des cliniciens (Omics, 2021 ; Wright et al., 2011). De plus, les problèmes en matière d'interopérabilité des SIADC accentuent ces enjeux. Conjointement, l'étude concernant les forces des SIADC étudiés appuie l'importance d'appliquer les principes d'UX et d'utilisabilité lors du développement d'interface et ce en vue de limiter ces enjeux et d'optimiser l'adoption, l'intégration et l'utilisabilité des SIADC en santé.

Ensuite, en plus des problèmes principaux quant à l'intégration et l'utilisabilité des SIADC en santé, la littérature démontre des enjeux d'implémentation considérables quant à : (Wu et al., 2019) :

- 1- La sécurité et la gestion des données cliniques (gestion sur l'USIP vs le Cloud) ;
- 2- L'éthique et les problèmes de traitement des mégadonnées ;
- 3- La certification et l'homologation par les autorités médicales ;
- 4- L'habitude aux alertes et les notifications ;
- 5- Le maintien du SIADC.

Bref, cette étude de l'existant souligne le potentiel d'intégration des SIADC en santé pour augmenter la performance et la réduction d'erreur humaine, particulièrement en matière de traitement de mégadonnées médicales et de tâches redondantes. Cependant, le développement d'interfaces utilisateurs adaptées s'avère primordial pour augmenter leur utilisabilité et leur adoption. Ceci s'avère d'autant plus critique pour les SIADC spécifiques à la prise en charge des TCC, puisqu'ils demeurent encore peu accessibles et inadéquats en matière d'intégration dans le flux de travail des cliniciens (Fartoumi et al., 2015).

Tableau 2.2 Domaines de soins ciblés par les SIADC (Wright, Sittig, Ash, Feblowitz, et al., 2011)

Domaines de soins ciblés	Fonction des SIADC	Exemples (objectifs, limites et avantages)
<b>Soins préventifs et protection</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Alerter en cas d’anomalies.</li> <li>– Communication concernant un patient.</li> <li>– Faire des recommandations personnalisées au patient.</li> <li>– Prévenir la dégradation.</li> </ul>	<p>a) <b>Medi-span</b> (Jung et al., 2020)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Objectifs</b> : Prévenir les risques d’erreurs de prescription de médicaments.</li> <li>– <b>Limites</b> : Habitudes aux alertes, manque de précision, mauvaise conception de l’interface utilisateur et manque de personnalisation.</li> <li>– <b>Forces</b> : Niveau d’utilisabilité moyen. Cette utilisabilité du système était associée à une augmentation de la performance et de l’adoption.</li> </ul> <p>b) <b>NZ</b> (Peiris et al., 2009)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Objectifs</b> : Estimer les risques de maladie cardiovasculaire en fonction des caractéristiques des patients.</li> <li>– <b>Limites</b> : Communication limitée des données aux prestataires, enjeux avec l’interface utilisateur et enjeux d’intégration dans le flux de travail.</li> <li>– <b>Forces</b> : Le clinicien est généralement en accord avec les recommandations du système. Compréhension améliorée de l’état du patient.</li> </ul>
<b>Diagnostic</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Communiquer l’information nécessaire pour permettre le diagnostic lors de l’admission (ex. : voie clinique pour la prise en charge d’un TCC).</li> <li>– Corréler les signes et les symptômes du patient pour suggérer un diagnostic au clinicien.</li> </ul>	<p>a) <b>Dxplain</b> (London, 1998)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Objectifs</b> : Manuel électronique en vue de confirmer un diagnostic.</li> <li>– <b>Limites</b> : Enjeux d’implémentation, problèmes d’interopérabilité, DME non intégré et ne couvre pas toutes les pathologies.</li> <li>– <b>Forces</b> : Outil pédagogique accessible en ligne, offre des rappels précieux et facilement accessible pour les étudiants.</li> </ul> <p>b) <b>Brain Bleed</b> (Kashef, 2017)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Objectifs</b> : Prévenir et expliciter les conséquences liées à l’utilisation d’imagerie médicale aux patients concernés.</li> <li>– <b>Limites</b> : Enjeux d’implémentation, problèmes d’interopérabilité, DME non intégré et ajout d’un canal de communication.</li> <li>– <b>Forces</b> : Score d’utilisabilité acceptable, renforce le niveau de confiance des patients envers l’équipe médicale et corrélation entre l’utilisation de l’application et la réduction de CT scan.</li> </ul>

Tableau 2.2 Domaines de soins ciblés par les SIADC (Wright, Sittig, Ash, Feblowitz, et al., 2011) (suite)

Domaines de soins ciblés	Fonction des SIADC	Exemples (objectifs, limites et avantages)
<b>Aide à la décision et au diagnostic</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Suggestions pour la prise en charge.</li> <li>– Alerter en cas d'anomalies.</li> </ul> <p><i>*Requiert une base de connaissances (ex. : lignes directrices) et une méthode de résolution de problèmes.</i></p>	<p><b>a) Isabel</b> (Vardell &amp; Moore, 2011)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Objectifs</b> : SIADC qui offre une liste de contrôle et base de données sur des connaissances cliniques.</li> <li>– <b>Limites</b> : Enjeux d'intégration dans le flux de travail, enjeux d'adoption, manque de précision et peu d'impact sur la prise de décision.</li> <li>– <b>Forces</b> : Pourrait être bénéfique si le SIADC était mieux intégré dans le flux de travail (Henderson &amp; Rubin, 2013).</li> </ul> <p><b>b) TPNCalculator</b> (Lehmann et al., 2004)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Objectifs</b> : Prévenir les erreurs pour la nutrition et gérer les protéines données aux nouveau-nés à l'USIP.</li> <li>– <b>Limites</b> : Enjeux d'implémentation, augmentation de formulaires incomplets, problèmes d'interopérabilité et développement d'interface utilisateur rudimentaire.</li> <li>– <b>Forces</b> : Réduction des erreurs de calcul (100 %), réduction des problèmes de connaissances et appréciation des formulaires électroniques vs formulaires papier.</li> </ul>
<b>Planifier et gérer les suivis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Organiser et centraliser les informations déterminantes.</li> <li>– Rappels concernant les commandes.</li> <li>– Réduire les dépenses</li> </ul>	<p><b>a) Vital PAD</b>, (Flohr et al., 2018)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Objectifs</b> : Gérer le suivi des données cliniques émises par différents moniteurs et dispositifs cliniques dans une application mobile.</li> <li>– <b>Limites</b> : Enjeux d'implémentation, problèmes d'interopérabilité, DME non intégré et interface utilisateur (nécessite des explications préalables).</li> <li>– <b>Forces</b> : Appréciation du canal de communication et affichage intéressant pour les paramètres vitaux et les alertes.</li> </ul> <p><b>A) Cerner</b> (Rush et al., 2015)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Objectifs</b> : Gérer les commandes et les prescriptions pour offrir des soins adéquats aux prestataires.</li> <li>– <b>Limites</b> : Algorithme rudimentaire, mauvaise intégration du DME, requiert une gestion IT considérable et mauvaise utilisation des alertes.</li> <li>– <b>Forces</b> : Accès à des rappels, personnalisation des alarmes et outil protocolaire puissant pour l'administration d'une dose adéquate.</li> </ul>

Tableau 2.2 Domaines de soins ciblés par les SIADC (Wright, Sittig, Ash, Feblowitz, et al., 2011) (suite et fin)

Domaines de soins ciblés	Fonction des SIADC	Exemples (objectifs, limites et avantages)
<p><b>Gestion de l'USIP et des ressources</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Optimiser la distribution des tâches des employées.</li> <li>– Soutenir le flux de travail de l'équipe médicale.</li> </ul>	<p><b>a) Tableau de visualisation des lits du CHUSJ</b> (Boudreault et al., 2023)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Objectifs</b> : Améliorer la gestion de l'USIP et des ressources durant une situation de crise (COVID-19).</li> <li>– <b>Limites</b> : Représentation topographique de l'USIP du CHUSJ (ne s'adapte pas à différents environnements), surcharge d'informations et enjeux de conception de l'interface utilisateur.</li> <li>– <b>Forces</b> : Augmentation de la CS, augmentation de la vitesse de prise de décision (KPI) et meilleure gestion de la capacité de l'USIP.</li> </ul> <p><b>b) Standardisation pour la nomenclature</b> (Levin et al., 2007)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Objectifs</b> : Accélérer l'entrée de données et éviter les erreurs en mode texte libre.</li> <li>– <b>Limites</b> : Algorithme rudimentaire, mauvaise intégration des normes RX et noms de médicaments inconnus.</li> <li>– <b>Forces</b> : Augmente la rapidité de saisie des données cliniques et le temps disponible pour les cliniciens.</li> </ul>

### 2.3.3 Classification des SIADC pour l'aide à la décision et au diagnostic

Dans le domaine de l'aide à la décision et au diagnostic, on peut classer les SIADC en deux grandes catégories de moteur de traitement de données, soit un moteur basé sur les connaissances ou sur un type d'intelligence artificielle (IA) (Omics, 2021). Comme illustré dans la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, l'architecture d'un SIADC demeure assez standard dans les deux cas. Ils sont composés (A) d'un moteur de traitement de données (B) d'un moteur d'inférence et les résultats sont présentés par l'entremise (C) d'un mécanisme de communication (Omics, 2021). De plus, ceux-ci sont souvent consolidés par l'utilisation des données du DME. Cependant, il est important de souligner que le DME se distingue du SIADC et que celui-ci n'est pas nécessaire à son fonctionnement. Précisément, le DME permet de centraliser les informations collectées sur l'USIP (monitorage, laboratoire, imagerie, etc.) (Rush et al., 2015) Quant à lui, le SIADC permet plutôt l'analyse de ces données par l'entremise de son architecture et ce en vue d'offrir une aide à la décision au clinicien (Wright, Sittig, Ash, Feblowitz, et al., 2011).

En ce qui concerne l'outil de communication du SIADC, celui peut être utilisé post-diagnostic, durant la prise en charge ou encore après le passage à l'hôpital pour soutenir la recherche en matière d'intelligence artificielle, la conception de bases de connaissances ou le suivi du patient (Sutton et al., 2020).

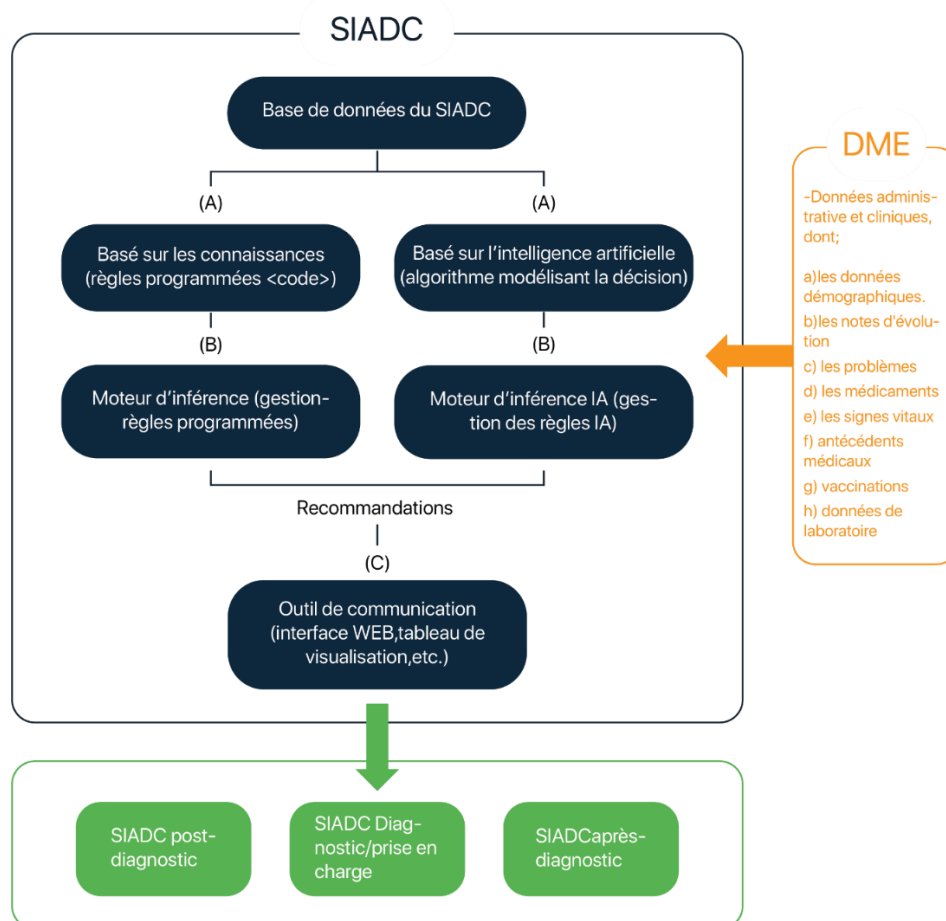


Figure 2.1 Classification des SIADC selon (Sutton et al., 2020)

### 1- Moteur de traitement de données :

A) **Basé sur les connaissances** : Une base de connaissances conserve les règles et les associations quant aux données compilées. Généralement, les systèmes expriment ces données sous la forme de règles *si — alors* à deux couches (maladie-symptôme) ou encore à trois couches (maladie-symptômes-propriétés). Les règles peuvent être déterminées par le biais de la littérature, de la pratique ou du patient. L'utilisation d'un langage d'expression est nécessaire (ex. : *Clinical Quality Langage [CQL]*).

Le moteur de traitement de données à 3 couches permet d'englober une grande variété de problèmes cliniques et considère mieux l'interrelation des symptômes. Toutefois, la base de connaissance à deux couches est plus fréquemment répandue en santé (Jiang et al., 2017 ; Omics, 2021).

À savoir, pour l'entretien de la base de connaissance, une seconde interface est généralement ajoutée pour permettre la mise à jour des règles et la pérennité du système. À titre d'exemple, s'il y a une mise à jour des lignes directrices médicales, l'équipe doit être en mesure de les ajuster rapidement dans le système.

**B) Basé sur l'intelligence artificielle (non basé sur les connaissances) :** Grâce à l'apprentissage automatique, les ordinateurs sont en mesure d'apprendre d'expériences antérieures, d'identifier des modèles cliniques et d'émettre des recommandations. Ainsi, on ne dépend plus de la connaissance des professionnels de la santé. On prévoit d'ailleurs que les avancées en matière d'apprentissage automatique permettront d'améliorer la précision de l'analyse des données et de réduire le risque de dommages physiopathologiques, particulièrement graves sur le cerveau en développement (Farzaneh et al., 2021 ; Kooper et al., 2022). Toutefois, leur application demeure particulièrement difficile, comme les systèmes actuels ne sont pas en mesure d'expliquer le raisonnement derrière les recommandations émises et que les symptômes considérés sont restreints.

- 2- **Moteur d'inférence :** Il permet de contrôler et coordonner l'ensemble du SIADC en utilisant les règles programmées ou déterminées par l'IA et les structures de données. Pour ce faire, il applique une stratégie d'inférence aux données cliniques du patient pour générer une sortie ou une action (Jiang et al., 2017 ; Omics, 2021).
- 3- **Interface utilisateur :** Outil de communication graphique qui permet de présenter l'information à l'utilisateur et d'interagir avec le SIADC. À noter, pour les utilisateurs finaux, les interfaces et affichages visuels jouent un rôle déterminant dans leur relation avec l'appareil et le système (Weinger et al., 2011). Plusieurs approches d'optimisation et de visualisation de données cliniques ont été proposées. Cependant, aucune méthode de communication n'a été standardisée ou adoptée à grande échelle (Sutton et al., 2020).

### 2.3.4 SIADC du CHUSJ

Cette section vise à présenter les SIADC du CHUSJ, soit le projet OptiBrain, ses implications, ses objectifs et ses limites. Comme ce SIADC fonctionne parallèlement au système ICCA, celui-ci sera

également étudié. Il demeure important de souligner que les DME permettent de consolider un SIADC, mais ne sont pas considérés comme tels.

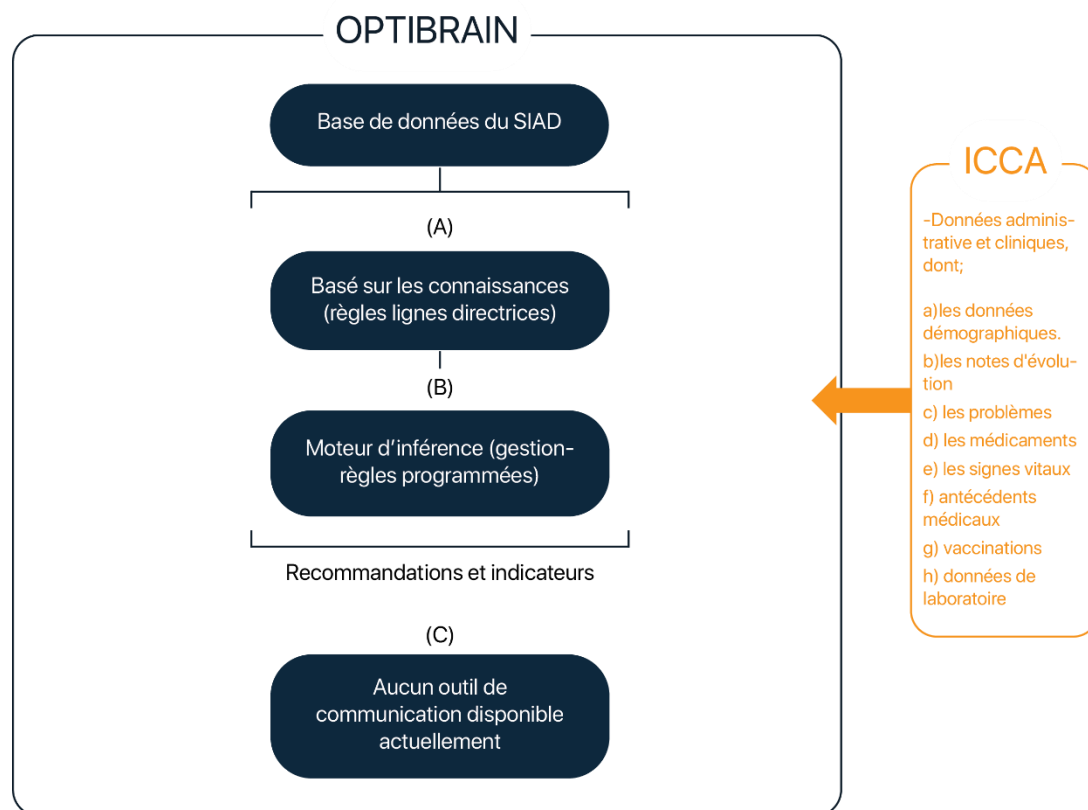


Figure 2.2 Architecture du SIADC du CHUSJ, selon (Emeriaud, 2020)

### 2.3.4.1 Projet OptiBrain (SIADC)

Depuis 2015, l'équipe de recherche de l'USIP du CHUSJ développe un système d'indicateurs automatisé nommé OptiBrain pour la prise en charge des TCCG. Comme illustré dans la Figure 2.2 (A), ce SIADC utilise actuellement un moteur de traitement de données basé sur les connaissances. Plus précisément, ils utilisent les données cliniques générées par le DME commercial *IntelliSpace Critical Care and Anesthesia (ICCA)* (Mathieu, 2020), puis appliquent les règles en matière de barèmes cliniques internationaux pour la prise en charge des TCCG en pédiatrie. (B) À partir des règles programmées et des données du patient, le moteur d'inférence permet d'effectuer une analyse automatisée et personnalisée de plusieurs signaux physiologiques et d'en produire une synthèse (Emeriaud, 2020). Éventuellement, le système vise également à inclure des analyses automatisées issues d'un moteur basé sur l'IA, dont : l'état de l'autorégulation cérébrale et la

catégorisation de l'état de la condition cérébrale. (C) Le SIADC ne dispose d'aucune interface utilisateur pour permettre son utilisation en milieu clinique.

Comme vue précédemment, l'USIP est un environnement complexe, où la condition des patients est dynamique et le volume de données est croissant (cliniques, paracliniques et thérapeutiques). Ceci affecte la capacité des cliniciens à prendre de décisions et ceci influe parfois sur les limites humaines de l'équipe soignante. Ainsi, particulièrement pour la prise en charge de cas complexes, l'équipe de recherche du CHUSJ estime que le déploiement d'un outil d'aide à la décision pour le diagnostic pourrait améliorer la performance de l'équipe, réduire le risque d'erreurs humaines et améliorer le devenir des patients.

Précisément, OptiBrain permet de quantifier en temps réel l'adhérence aux lignes directrices de prise en charge après un TCCG au niveau individuel (patient) (Emeriaud, 2020). Les critères retenus pour générer les indicateurs de ce système ont été soulevés selon la dernière édition des lignes directrices internationales publiée en mars 2019, et à partir de l'algorithme opérationnel publié en parallèle par le même consortium (Carney et al., 2016 ; Kochanek et al., 2019). Pour permettre cette analyse, le système utilise les données cliniques générées en temps réel par ICCA, le DME de l'USIP du CHUSJ. Précisément, ceci signifie que les données sont mises à la disposition du clinicien et ce dès qu'elles sont acquises sur le système ICCA et analysées par l'algorithme OptiBrain. Le Tableau 2.3 présente la liste des indicateurs retenus pour le développement de l'outil.

En parallèle, un outil d'aide au diagnostic de la condition physiopathologique du cerveau a également été développé et est en cours de validation sur une cohorte de l'hôpital Sacré-Cœur. Grâce à l'IA, cet outil permet d'analyser automatiquement plusieurs signaux physiologiques de patients et d'en produire une synthèse (Emeriaud, 2020), incluant :

- L'état de l'autorégulation cérébrale, incluant la pression de perfusion cérébrale optimale ;
- La catégorisation de l'état de la condition cérébrale parmi 6 classes :
  - 1) état contrôlé ;
  - 2) hypertension intracrânienne avec risque d'ischémie cérébrale ;
  - 3) hypertension intracrânienne avec hyperhémie cérébrale ;
  - 4) hypertension intracrânienne sans ischémie ni hyperhémie ;

5) risque d'ischémie cérébrale sans hypertension intracrânienne ;

6) hyperhémie cérébrale sans hypertension intracrânienne.

Tableau 2.3 Groupement d'indicateurs et noms associés (OptiBrain)

<b>Groupement des indicateurs</b>	Qualité du monitoring clinique et physiologique (5)	Qualité du monitoring incluant le respect de cibles thérapeutiques (5)	Monitoring de données biologiques incluant des cibles thérapeutiques (2)	Interventions médicamenteuses (2)
<b>Nom des indicateurs</b>	A- Surveillance horaire de la Pupille droite (Pupille D)  B- Surveillance horaire de la Pupille gauche (Pupille G)  C- Surveillance continue de la Pression veineuse centrale (PVC)  D- Surveillance continue de la Pression artérielle moyenne (PAM)  E- Surveillance continue du CO <sub>2</sub> expiré par le patient (EtCO <sub>2</sub> )	F- Surveillance et maintien dans les cibles de la Position de la Tête du lit (PdT)  G- Surveillance et maintien dans les cibles de la Température corporelle centrale (T°C)  H- Surveillance continue et maintien dans les cibles de la Pression Intra Crânienne (PIC)  I- Surveillance continue et maintien dans les cibles de la Pression de Perfusion cérébrale (PPC)  J- Surveillance et maintien dans les cibles de la Pression artérielle en CO <sub>2</sub> (PaCO <sub>2</sub> )	K- Surveillance des Plaquettes plasmatiques (Plaquettes)  L — Surveillance de l' <i>International Normalised Ratio</i> (INR)	M — Administration de médicaments d'analgo-sédation (MedAS)  N- Administration d'une Nutrition entérale (lait ou produit de gavage) (Nutrition)

Actuellement, l'infrastructure informatique en place et le multi-monitorage des patients avec TCCG génèrent énormément d'informations qui s'avèrent difficiles à analyser et à appliquer lors de la prise de décision par les membres du personnel. De plus, plusieurs informations connexes quant à l'environnement ou d'autres outils utilisés deviennent difficiles à évaluer et rendent la tâche du professionnel responsable très complexe. Ceci rend la prise de décision ardue et s'avère défavorable pour l'enfant, tout particulièrement en ce qui a trait au risque d'apparition et

d'évolution de lésions secondaires. Ainsi, il s'avère primordial de développer et rendre accessible une interface utilisateur afin d'offrir une synthèse des indicateurs et des analyses automatisés d'OptiBrain. Ceci permettra d'aider les soignants dans leur démarche de prise en charge des patients complexes et de réduire le risque d'erreurs humaines.

De plus, il est important de souligner les limites de l'algorithme utilisé dans OptiBrain, particulièrement au niveau de l'intégration du DME ICCA. En effet, le fonctionnement optimal du système OptiBrain dépend invariablement du niveau d'utilisabilité du système ICCA, de son interopérabilité et de l'entrée manuelle de certaines données médicales par les soignants dans le système (ex. : surveillance des pupilles).

#### **2.3.4.2 Utilisation du DME ICCA**

Depuis 2003, le CHUSJ dispose d'un DME commercial nommé ICCA et ce en vue de limiter certains enjeux de communication et de centraliser les données cliniques. Sommairement, ICCA contient les données cliniques, physiologiques, démographiques et thérapeutiques de tous les patients admis à l'USIP du CHUSJ. Ces données sont amassées de leur admission jusqu'à leur sortie. Cette collecte est possible grâce à la modernisation des services de santé et l'accès à des dispositifs de monitoring performants (moniteurs cardiorespiratoires, ventilateurs, pousse-seringues) (Mathieu, 2020). Ces données sont centralisées sur un dossier contenu dans la base de données ICCA (BDD ICCA) et y sont enregistrées (Mathieu, 2020).

Selon une étude menée en 2018 (Roumeliotis et al., 2018) cette réorganisation des soins par l'usage d'un DME spécifique à l'USIP n'a pas optimisé la qualité des soins offerts, mais plutôt amélioré le niveau de productivité des infirmières et réduit le temps nécessaire aux tâches de documentation. Parallèlement, l'utilisation de ce type de système a eu un impact négatif sur la cognition d'équipe, car cette restructuration a considérablement réduit le niveau de communication entre les membres du corps médical (Roumeliotis et al., 2018). Autrement dit, ceci a entraîné des conséquences sur la CS et la prise de décision d'équipe.

De plus, en ce qui a trait aux cas aigus en pédiatrie, l'interface utilisateur ICCA présente des enjeux d'utilisabilité et d'implémentation. En effet, en raison de la complexité de l'environnement et de l'analyse multimodale nécessaire des patients, les données cliniques générées par ICCA et la façon de les présenter aux cliniciens ne permettent pas une prise en charge adéquate (Mathieu, 2020). Également, Savoy et al. (2021) démontre que l'implémentation de ce type d'outil reste

particulièrement difficile dans les milieux hospitaliers, comme ceux-ci ne répondent pas aux besoins et aux modèles mentaux de ses opérateurs. Il est d'ailleurs prouvé que les DME commerciaux présentent un taux d'adoption plus faible et des enjeux d'interopérabilité considérables (Wright, Sittig, Ash, Feblowitz, et al., 2011).

Bref, comme constatés lors de l'étude de la taxonomie par Wright (2011), les problèmes en matière d'intégration dans le flux de travail et d'utilisabilité des interfaces utilisateurs demeurent vrais pour les systèmes disponibles sur l'USIP du CHUSJ. Dès lors, pour le développement d'une interface utilisateur pour OptiBrain, il sera primordial de mettre de l'avant une conception centrée utilisateur (CCU) en vue d'assurer un bon niveau d'UX et d'utilisabilité. Ces concepts sont présentés dans la section qui suit.

### **2.3.5 L'utilisabilité et l'expérience utilisateur (UX)**

Sous la norme ISO 9241-210, l'utilisabilité est définie comme le « degré selon lequel un système, un produit ou un service peut être utilisé, par des utilisateurs spécifiés, pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficience et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié » (ISO, 2019 ; Lallemand et al., 2018). Quant à elle, l'UX implique « tous les aspects de l'expérience utilisateur lors de l'interaction avec le produit interactif, le service, l'environnement ou l'établissement » (ISO, 2019 ; Lallemand et al., 2018). Autrement dit, l'utilisabilité est un concept plus spécifique, en ce sens où il est orienté vers des objectifs catégoriques pour la complétion d'une tâche, alors que l'UX implique également l'ensemble des aspects de l'interaction homme-machine, dont les facteurs émotionnels, subjectifs et temporels (Hounnou, 2018 ; Lallemand et al., 2018).

À cet effet, la CCU offre un cadre de travail pour optimiser l'UX et l'utilisabilité lors du développement d'un système. Pour y parvenir, il est nécessaire de mobiliser et d'appliquer des méthodes de design UX tout au long du cycle de développement (Figure 2.3). Durant ce processus, il est également fondamental d'intégrer les utilisateurs « afin de concevoir pour eux et avec eux » (Lallemand et al., 2018).

En vue de développer le projet OptiBrain, la CCU a été employée et des méthodes de design UX ont été sélectionnées pour l'ensemble des étapes du cycle de conception (**Erreur ! Source du r envoi introuvable.**). De plus, pour planifier et cadrer les besoins de l'étude, le Modèle de Mahlke

(2008) a été employé, car il présente explicitement 3 grandes composantes de l'UX (le système ; l'utilisateur et le contexte) et leurs facteurs déterminants associés.

On retrouve une description de la CCU et de ses implications pour le présent projet de recherche dans la section qui suit.

### **2.3.6 La conception centrée utilisateur (CCU)**

En 1986, Donald A. Norman et Stephen W. Draper proposent la première définition en matière de CCU. Dans leur ouvrage, il explique notamment l'importance de promouvoir les besoins utilisateurs, l'analyse de leurs activités, ainsi que l'évaluation itérative lors du développement d'un produit. En 1999, la CCU est officiellement implémentée par l'entremise des normes internationales ISO 13407. Depuis, ses principes fondamentaux ont été validés, mis en pratique lors de développement de systèmes interactifs (ISO, 2019) et ajustés en fonction. La norme ISO 9241-210 implique actuellement les principes fondamentaux suivants (Lallemant et al., 2018) :

- 1- Disposer d'une bonne compréhension des utilisateurs, de leurs tâches et de leurs environnements lors du développement du système ;
- 2- Mettre de l'avant les utilisateurs finaux tout au long du processus créatif et faire évaluer les solutions possibles par ces derniers ;
- 3- Mettre de l'avant un processus itératif et non linéaire. Des retours en arrière peuvent être possibles, et ce jusqu'à l'obtention d'une solution répondant aux critères établis ;
- 4- Mettre de l'avant une approche participative auprès d'une équipe pluridisciplinaire ;
- 5- « La conception porte sur l'ensemble de l'expérience utilisateur, intégrant ainsi les composants liés à la performance du système (performance, fonctionnalités), mais aussi ceux liés à l'utilisateur (habitudes, personnalités, compétences) » (ISO, 2019).

### **2.3.7 Cadre de travail de la CCU**

Précisément, la CCU propose une approche de travail itérative réalisable en 4 étapes (ISO, 2019). Chaque étape est associée à une ou plusieurs phases du cycle de la CCU. Ce processus itératif n'est pas linéaire, c'est-à-dire que le concepteur devra effectuer des retours en arrière et ce jusqu'à

l'obtention d'un résultat répondant aux exigences prédéfinies par l'étude. La liste ci-dessous et la Figure 2.3 résument les grandes phases de la CCU et les étapes associées.

- 1) Étape 1 (exploration et analyse) : « Comprendre et spécifier le contexte d'utilisation » ;
- 2) Étape 2 (exploration et analyse) : « Comprendre et spécifier les exigences utilisateurs » ;
- 3) Étape 3 (génération) : « Concevoir des solutions respectant les exigences prédéfinies » ;
- 4) Étape 4 (évaluation) : « Évaluer des solutions en rapport aux exigences prédéfinies par l'étude. »

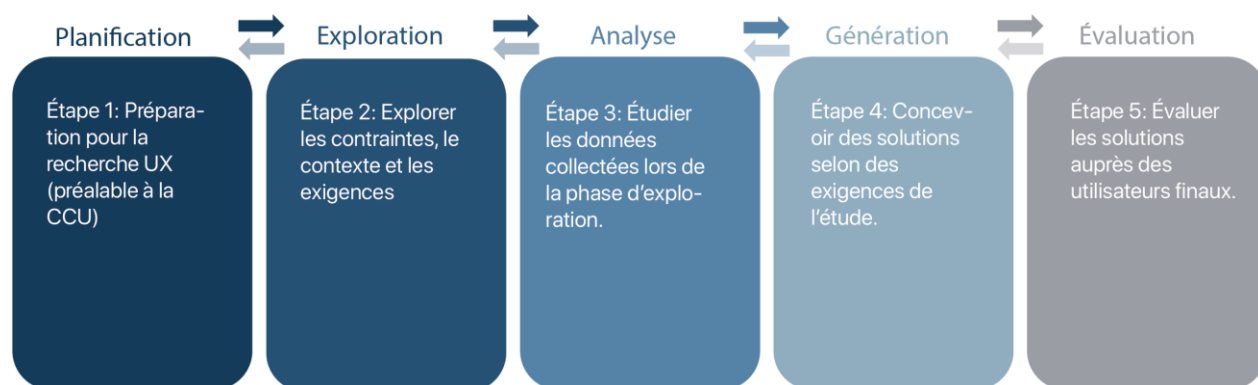


Figure 2.3 Étapes et phases importantes pour effectuer la CCU (Lallemand et al., 2018)

Après avoir planifié la recherche (étape 1), la phase d'exploration (étape 2) permet de récolter des données sur différentes composantes de l'UX dont, les utilisateurs, leurs environnements et le système étudié (Mahlke, 2008). Notamment, plusieurs méthodes permettent de collecter cette information dont : les entretiens, l'étude ethnographique, l'observation, les groupes de discussion, etc. Les méthodes sélectionnées dépendent des besoins du projet.

Durant la phase d'analyse (étape 3), l'étude des données collectées lors de l'exploration est effectuée par l'entremise de différentes méthodes telles que : les personas, l'analyse de la tâche, les cartes d'expériences, etc. Ceci vise à guider la conception de solutions lors de la phase de génération (étape 4).

La génération (étape 4) d'idées est guidée par les exigences définies aux phases précédentes et suit un processus itératif et participatif auprès des utilisateurs. L'objectif est de parvenir à affiner la solution proposée selon les recommandations obtenues. Durant les séances de design collaboratives avec les utilisateurs, des maquettes sont présentées en vue de stimuler les échanges.

Tout comme pour la génération, la phase d'évaluation (étape 5) requiert la participation des utilisateurs finaux. L'objectif est d'évaluer le niveau d'UX de la solution proposée pour guider les améliorations nécessaires et limiter les irritants. Les tests utilisateurs sont couramment utilisés, car ils permettent de tester rapidement des tâches prédéfinies. L'utilisation d'échelles subjectives de la qualité perçue du produit, sous forme de questionnaire, peut également être une technique d'évaluation pertinente en vue d'obtenir de l'information sur des éléments plus ciblés de ce dernier.

## CHAPITRE 3 LES OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

### 3.1 Problématique

Le chapitre 2 a fait état des concepts fondamentaux concernant les SIADC, la prise de décision, puis les particularités quant à la prise en charge de TCCG dans un contexte de soins intensifs. On constate que l'implémentation de SIADC s'avère intéressante pour soutenir la prise de décision des cliniciens, particulièrement dans ce contexte où la pression temporelle et le volume de données impactent les capacités de l'opérateur à prendre des décisions et avoir un bon niveau de CS. Parallèlement, l'utilisation d'un tel système pourrait avoir des retombées notables sur la réduction du risque de mortalité et l'apparition de lésions secondaires ou sous-jacentes, lors de la prise en charge d'un TCCG.

Actuellement, les solutions de SIADC en milieux hospitaliers présentent des enjeux considérables d'utilisabilité et d'implémentation. Notamment, on constate une mauvaise intégration de ces outils dans le flux de travail des cliniciens. De plus, les interfaces utilisateurs sont limitées, présentent une faible utilisabilité et ne permettent pas de répondre adéquatement aux besoins des utilisateurs finaux lors de la prise de décision clinique. Ceci augmente considérablement le risque d'erreur humaine, la charge de travail et affecte invariablement la sécurité des patients.

Bref, bien que les SIADC soient prometteurs pour le secteur de la santé, particulièrement pour la prise en charge de TCCG, ceux-ci sont rares et les interfaces offertes présentent des problèmes en matière d'utilisabilité et d'UX.

### 3.2 Les objectifs de la recherche

Le but de ce projet de recherche est de développer un outil de visualisation à travers une interface utilisateur graphique pour le système OptiBrain, afin d'aider la prise en charge des TCCG chez l'enfant et de prévenir l'apparition de lésions secondaires. En vue d'assurer une bonne utilisabilité, une UX optimale et un taux d'adoption significatif en milieu hospitalier, ce projet a respecté les étapes et les phases relatives à la CCU (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). À noter, par rapport au modèle de Lallemand (2018) le terme *idéation* a été modifié pour le terme *analyse*. Ceci cadre davantage avec les termes employés par notre équipe de recherche et limite la confusion entre le terme *idéation* et *génération*.

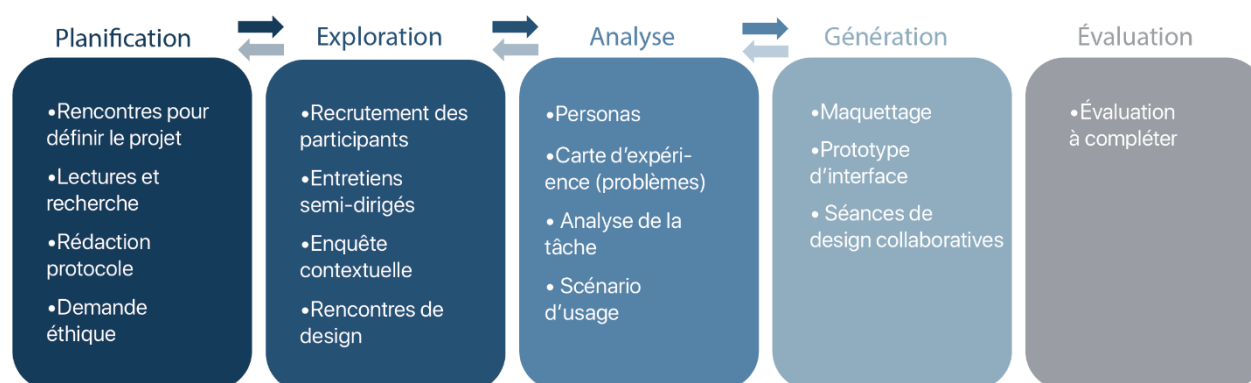


Figure 3.1 Les étapes et les phases relatives à la CCU pour le développement de l'interface OptiBrain.

Préalablement à la phase d'exploration, une planification du projet a été effectuée auprès du CHUSJ et de la Polytechnique de Montréal (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Ensuite, durant la phase d'exploration et d'analyse, nous avons compilé et analysé de l'information concernant les utilisateurs finaux, leurs environnements de travail et les caractéristiques relatives au système informatique OptiBrain. Ceci a permis de comprendre et spécifier le contexte de travail et les besoins des utilisateurs relativement à la prise en charge d'un TCCG (se référer à la section 6.1).

L'ensemble des données collectées durant les deux premières phases ont permis de guider la conception des solutions d'interface lors de la phase de génération. Précisément, lors de séances collaboratives de design, les propositions de solutions étaient présentées sous forme de maquettes interactives et raffinées en fonction des recommandations émises par l'équipe pluridisciplinaire. Après dix séances, un prototype d'interface utilisateur interactif non fonctionnel a été conçu sur un logiciel de maquettage. À savoir, ce processus n'a pas été linéaire et des retours en arrière ont parfois été nécessaires, particulièrement entre les phases d'explorations, d'analyses et de générations. Ceci a permis de mettre de l'avant un processus itératif de conception et d'effectuer les ajustements nécessaires aux maquettes tout au long du projet.

En raison des limites de temps et des longues périodes d'attentes pour les approbations par le comité éthique de Sainte-Justine (CER), les résultats des sondages et des groupes de discussion pour l'évaluation de la qualité et de l'utilisabilité du prototype ne seront pas présentés. Ceci concernait spécifiquement la dernière phase, soit la phase d'évaluation.

Ainsi, seulement les rencontres auprès des utilisateurs et de l'équipe de recherche ont permis de guider les correctifs nécessaires pour le prototype d'interface utilisateur proposé. À noter, la phase d'évaluation sera tout de même complétée par l'équipe de recherche de Philippe Doyon-Poulin avant l'implémentation clinique. Pour évaluer le prototype d'interface utilisateur, des sondages, des groupes de discussion et des tests UX seront effectués.

Ci-contre se trouvent les objectifs spécifiques associés à chacune des phases du projet, soit la phase d'exploration, d'analyse et de génération.

### **3.2.1 Phase d'exploration et d'analyse**

1. Déterminer les besoins des usagers ciblés et les étapes du processus du diagnostic des TCCG chez l'enfant ;
2. Étudier le processus pour le diagnostic et la prise en charge d'un TCCG dans son contexte actuel ;
3. Vulgariser, classifier et prioriser les données analytiques et les indicateurs de performances (KPI) à partir de l'infrastructure informatique d'OptiBrain et de l'algorithme développé.

### **3.2.2 Phase de génération**

1. Concevoir différentes alternatives d'interface et développer le prototype interactif initial ;
2. Faciliter la communication pour permettre la génération d'idées durant les séances de design collaboratives.

## CHAPITRE 4 MÉTHODOLOGIE

### 4.1 Méthodes de recherche

En vue de répondre aux objectifs de recherche concernant la phase d'exploration et d'analyse, deux méthodes de la CCU ont été utilisées soit les entretiens semi-dirigés et l'enquête contextuelle. Dans le Tableau 4.1, on retrouve un résumé de l'ensemble des approches utilisées pour récolter de l'information sur les besoins des utilisateurs finaux, leurs environnements et les caractéristiques relatives au système informatique OptiBrain.

Les prochaines sections présentent spécifiquement les méthodes en lien avec la phase d'exploration et d'analyse. À savoir, le processus de conception déployé lors de la phase de génération est présenté dans le Chapitre 5.

Tableau 4.1 Méthodes employées pour explorer et analyser les besoins utilisateurs et le contexte de l'USIP du CHUSJ

Phase	Méthodes	Définition et déroulement	Participants
Exploration	<b>Entretiens semi-dirigés</b>	<p>Méthode de recherche qui permet de collecter des données qualitatives sur un participant.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Entretien en personne (CHUSJ) ou à distance (TEAMS).</li> <li>– <b>Technique employée : Entretien semi-dirigé enregistré et retranscrit.</b></li> <li>– Approche mixte et citation marquante.</li> </ul>	10 participants
Exploration	<b>Enquête contextuelle</b>	<p>Cette approche permet de collecter des données qualitatives en vue d'interpréter l'ensemble des comportements de l'utilisateur en contexte naturel.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Technique employée : enquête contextuelle et grille d'observation.</b></li> <li>– Fait à l'USIP du CHUSJ.</li> <li>– Analyse de la tâche (outil MAD) et scénario d'usage.</li> </ul>	3 participants

## 4.2 Confidentialité

Le présent projet de recherche a obtenu l’approbation du CER du CHUSJ, le 5 mai 2022. Le numéro affilié au projet est le 2022-4059 (voir Annexe A). Un formulaire de consentement a été créé par l’équipe de recherche, distribué par l’entremise d’un courriel de sollicitation, puis signé par les participants consentants. Pour la communication des résultats, toute information identificatoire a été retirée afin d’assurer l’anonymat des participants.

## 4.3 Participants

En vue d’obtenir des résultats significatifs, d’éviter les biais et d’avoir un bassin de participants représentatifs, 3 grands profils d’utilisateurs ont été sélectionnés pour effectuer les entretiens semi-dirigés et les journées d’enquête contextuelle (voir Tableau 4.2). Pour chacune des activités de recherche, on retrouve une description détaillée des participants et de l’échantillon associée (voir 4.4.1.1 et 4.4.2.1).

Tableau 4.2 Description des profils d’utilisateurs et nombre de participants

Profil	Définition rôle	Entretiens	Observation
<b>Médecins spécialistes</b>	Cette catégorie de participants concerne la personne qui est responsable de gérer son équipe sur le plancher de l’USIP, où il y a trois équipes pédiatriques nommées PED A, PED B et PED C. Le médecin spécialiste prend les décisions cliniques déterminantes. Le médecin promeut également l’intégration de nouveaux outils pour le diagnostic et s’implique dans le milieu de la recherche.	7 participants	1 jour
<b>« fellows » de soins intensifs pédiatriques</b>	Cette catégorie de participants concerne des pédiatres qui complètent une formation complémentaire de 2 à 3 ans en soins intensifs pédiatriques. Ils sont responsables en première ligne de la prise en charge des patients, sous la supervision des médecins spécialistes. Ils réalisent de nombreuses tâches variées, de jour et de nuit, et leurs journées fluctuent en fonction des besoins. Par rapport aux médecins, le « fellow » doit suivre plus étroitement les données médicales et l’évolution du patient.	1 participant	N/A

Tableau 4.2 Description des profils d'utilisateurs et nombre de participants (suite et fin)

<b>Profil</b>	<b>Définition rôle</b>	<b>Entretiens</b>	<b>Observation</b>
<b>Infirmiers(-ières)</b>	Cette catégorie de participants concerne tout individu responsable des soins directs de 1 à 2 enfants de l'unité. Plus précisément, celui-ci possède une station de surveillance. Un roulement de l'équipe permet une surveillance tous les jours (24 h/24 h). Ces tâches sont relativement systématisées selon un plan de soins, sauf en cas d'urgence ou d'évolution anormale.	2 participants	2 jours

#### **4.4 Phase d'exploration et d'analyse**

Deux méthodes de recherche qualitatives ont été employées pour la collecte de données, soit des entretiens semi-dirigés et l'enquête contextuelle par l'entremise de journées d'observation. Celles-ci cadrent avec l'application de la CCU que l'on associe notamment à une meilleure utilisabilité des systèmes en santé.

Les sections qui suivent présentent plus en détail les deux méthodes employées.

##### **4.4.1 Entretiens semi-dirigés**

Cette méthode a permis d'explorer la problématique de la prise en charge des TCCG sur l'USIP. Plus précisément, ceci a permis d'identifier les étapes du processus de prise en charge, ainsi que les tâches, les besoins utilisateurs et les KPI importants associés à ce processus de soins. Selon ISO 9241-210, cette collecte de donnée correspond à la première étape de la CCU, soit la spécification des exigences utilisateurs et la compréhension de leur environnement.

###### **4.4.1.1 Participants**

En raison de la situation sanitaire (COVID-19) encore précaire au moment de l'étude, il existait un certain stress de surcharge de travail des employés. L'étude visait initialement un échantillon de 12 participants. Néanmoins, en raison du manque de personnel et de la population restreinte, nous sommes parvenus à recruter un total de 10 participants parmi les employés de l'USIP du CHUSJ, soit 7 médecins, 2 infirmières et 1 « fellow ».

Cet échantillon était suffisant, car il nous a permis de couvrir les principaux points de l'analyse. Ce nombre de participants est d'ailleurs recommandé en interaction homme-machine (IHM) (Bastien, 2010). Cependant, bien que l'échantillon pour les entretiens fût suffisant pour l'étude, il aurait été pertinent d'avoir un nombre de participants plus uniforme par profil de candidat (médecin, « fellow » et infirmière), en vue d'obtenir des résultats plus représentatifs de la population de l'USIP du CHUSJ.

#### **4.4.1.2 Déroulement et collecte de donnée**

En raison des restrictions sanitaires (COVID-19) en vigueur lors de l'étude, les entretiens se déroulaient soit sur place (USIP du CHUSJ) ou encore à distance par l'entremise du logiciel Teams. Chaque entretien était d'une durée d'une heure, et avec l'autorisation du participant, l'ensemble de l'échange était enregistré.

L'entretien était de type semi-dirigé et se déroulait avec un seul participant à la fois. Le guide d'entretien comportait 13 questions regroupées en cinq thèmes : utilisateurs, outils existants, méthodes d'interaction, environnement de travail et problèmes, puis améliorations suggérées. Des questions de relance avaient également été prévues en vue d'enrichir les échanges si cela s'avérait nécessaire. Le guide d'entretien est disponible à l'annexe B.

L'entretien se déroulait en deux parties. Durant la première partie, nous présentions et expliquions les différents paramètres du projet de recherche OptiBrain et ses indicateurs clés. En vue de diriger les questions, une mise en contexte (enfant admis pour un TTCG sur l'USIP) a également été présentée aux participants.

Dans la seconde partie, nous posions les questions du guide d'entretien aux participants. En raison de son caractère semi-directif, l'entretien nous offrait plus de liberté, ce qui favorisait des conversations plus fluides et riches avec les participants.

Pour rehausser la collecte de données, en plus des enregistrements, des notes étaient prises pendant l'entretien. Toutefois, celles-ci étaient réduites au minimum en vue d'assurer des échanges plus naturels. Pour contrecarrer cette limite, un bilan sous forme manuscrite a été effectué à la suite de chaque entretien, en vue de faire le point sur les facteurs et les moments déterminants de l'échange.

#### 4.4.1.3 Analyse des données

L'ensemble des données qualitatives brutes collectées durant les entretiens (notes, bilans et enregistrements) ont été déposées sur un fichier Excel. Pour compléter l'analyse, plusieurs écoutes des enregistrements ont été effectuées. Ceci a permis de retranscrire et synthétiser chacune des réponses obtenues. Les citations percutantes ont été conservées afin de faire ressortir des éléments clés pour l'analyse. Dans ces documents, chaque participant a été identifié par un code (ex. P1), en vue d'assurer la confidentialité des réponses obtenues.

Par la suite, une classification par affinité a été effectuée, puis des groupes et sous-groupes ont été créés. Plus précisément, chaque élément d'information présenté par un participant a été noté sur un carton, afin de simplifier sa manipulation. Ensuite, chacun était codifié selon certains thèmes définis au préalable dans le guide d'entretien (10 codes comportementaux et 2 démographiques). Les éléments partageant des similarités ont alors été placés à proximité et un libellé a été apposé pour nommer la catégorie. La combinaison de l'approche déductive (formation de groupes selon les thèmes définis) et inductive (selon le contenu des propos des participants) a permis d'avoir une meilleure vue d'ensemble de la situation et ce afin de trouver des motifs récurrents. Pour chaque catégorie formée, une ou deux citations marquantes ont été extraites des entretiens afin de l'illustrer concrètement avec les mots des participants. L'utilisation de cette approche mixte et des citations marquantes suit d'ailleurs les meilleures recommandations en la matière dans le domaine de l'utilisabilité (Lallemand et al., 2018).

Le Tableau 4.3 présente les grandes étapes effectuées pour permettre l'analyse des données collectées. Celle-ci suit la méthode des modèles comportementaux de Goodwin (Bornet & Brangier, 2013; Goodwin, 2009) et a permis d'étudier le processus de prise en charge d'un TCCG, de dresser les besoins des utilisateurs finaux et de soulever les KPI déterminants. En parallèle aux journées d'enquête contextuelle, les résultats obtenus ont permis de soutenir la conception de solution pour l'interface utilisateur OptiBrain, soit par l'utilisation et la création de personas, de cartes d'expériences, de scénarios d'usage et d'analyses de la tâche. Ci-dessous se trouvent les définitions de ces méthodes, comme celles-ci seront abordées dans les sections qui suivent.

1. Persona: Permet de créer des archétypes d'utilisateurs par l'entremise de données réelles recueillies. On les utilise en vue de guider le processus de conception. Ils sont généralement

représentés à l'aide de fiches pour regrouper les caractéristiques et les informations sur le groupe d'utilisateurs visés (Lallemand et al., 2018).

2. Carte d'expérience : Permet de représenter de manière chronologique les différentes interactions entre un utilisateur cible et un service/produit (Lallemand et al., 2018). L'objectif est de mettre de l'avant les éléments marquants et problématiques de ces interactions en vue de trouver des opportunités pour la conception (Lallemand et al., 2018).
3. Scénario d'usage : Permet de décrire la situation dans laquelle le service/produit sera utilisé. L'objectif principal est d'anticiper les interactions des utilisateurs finaux avec ce dernier dans son contexte d'utilisation réelle (Pascal & Rouby, 2010).
4. Analyse de la tâche : Permet la décomposition méthodologique d'une tâche en vue de comprendre son ampleur et d'anticiper certains enjeux d'interactions avec le système/produit (Sebillotte, 1994).

Tableau 4.3 Étapes de l'approche des modèles comportementaux de (Goodwin, 2009)





Étapes	Description	Aperçu
<p><b>1-Extraire les données</b></p>	<p>À partir des informations brutes collectées lors des entretiens, plusieurs éléments clés ont été soulevés. Ceux-ci correspondent à un usager spécifique et ont été disposés sur des cartes dont la couleur correspond au participant concerné.</p>	
<p><b>2- Codification et identification des variables</b></p>	<p>Ensuite, l'ensemble des cartes a été codifié selon 10 codes comportementaux et 2 démographiques définis dans le guide d'entretien. À savoir, ces codes ont été choisis afin de faire ressortir les besoins utilisateurs et correspondent aux meilleures recommandations en UX (Lallemand et al., 2018).</p> <p>Codes comportementaux : comportements de l'utilisateur, son attitude, ses objectifs, ses motivations, ses compétences, ses connaissances, ses expériences, ses habitudes et les signes observés.</p> <p>Codes démographiques : niveau d'expertise et aisance avec la technologie.</p> <p>Cette étape a permis d'identifier 17 variables.</p>	

Tableau 4.3 Étapes de l'approche des modèles comportementaux de (Goodwin, 2009) (suite)

Étapes	Description	Aperçu
<b>3 - Représenter chaque variable sur un axe</b>	<p>Les variables créées étaient ensuite présentées sous forme de continuums (deux éléments qui s'opposent sur une ligne en continu). Pour chacune, on y retrouve deux caractéristiques d'un même comportement qui s'opposent (ex. : aisance avec technologie vs problème avec la technologie). Cette étape a été reproduite pour les 17 variables créées.</p>	
<b>4 - Placer les participants sur les variables</b>	<p>Les éléments d'informations ont ensuite été positionnés sur la variable correspondante ce qui a permis d'identifier des regroupements similaires entre les participants identifiés par leur code couleur. Ce placement est approximatif et pourrait présenter certains écarts.</p>	

Tableau 4.3 Étapes de l’approche des modèles comportementaux de (Goodwin, 2009) (suite et fin)

Étapes	Description	Aperçu
<p><b>5 -Identifier les modèles comportementaux</b></p>	<p>La cartographie créée par les divers continuums a permis l’identification de 5 groupes d’utilisateurs (groupe 1 : p1 ; p2) (groupe 2 : p4 ; p5 ; p6) (groupe 3 : p5 ; p6) (groupe 4 : p7 ; p1) (groupe 5 : p7 ; p8) qui étaient positionnés à proximité sur plusieurs variables (co-occurrences). Afin d’éviter le risque de redondance ou les personas jumeaux, les groupes 2 et 4 ont été éliminés.</p> <p>Sur la cartographie, les groupes 1, 3 et 5 apparaissent à proximité sur plusieurs variables (occurrences). Pour cette raison, ils ont été sélectionnés pour créer les personas. (Groupe 1 : 10 co-occurrences) (groupe 3 : 12 co-occurrences) (groupe 4 : 11 co-occurrences).</p>	
<p><b>6 — Extraction des besoins et des KPI importants</b></p>	<p>Enfin, l’ensemble des continuums du groupe d’utilisateur choisi ont été extraits de la cartographie afin de faire ressortir ses caractéristiques, ses besoins et les KPI importants associés. Ceci a permis de créer des fiches-personas et des cartes d’expériences (Lallemand et al., 2018).</p>	<div data-bbox="1039 950 1207 1356"> <p><b>Personne</b></p>  <p><b>Patrick Tobin</b> 40 ans</p> <p>«Paradoxalement, le chambre est ses priorités, car il a accès à beaucoup de services locaux. On prend le soin souvent décalé et une fois le patient malade, on est souvent à son chevet.»</p> <p><b>Informations personnelles</b> Profession: Médecin intensiviste pédiatrique Localisation: Hôpital CHU Sainte-Justine de Montréal, Unité des soins intensifs pédiatrique Niveau d’aisance avec la technologie: [Bar chart showing high proficiency]</p> <p><b>Appétences requises</b> Anticipation, Communication, Souciux, Interprétation</p> </div> <div data-bbox="1228 950 1438 1356"> <p><b>Description rôle</b></p> <p>Patrick est patron et médecin intensiviste pédiatrique. En ce qui a trait à la gestion, il s’occupe de coordonner l’ensemble des professionnels et consultants de son équipe pour faciliter la prise en charge des enfants. Il gère également les places disponibles sur l’unité et s’occupe des transferts. Ceci s’avère important pour assurer le bon roulement du centre des soins intensifs et la gestion de nouveaux patients. De plus, il est de sa responsabilité de soutenir les parents et de les garder informés à tout moment.</p> <p>Patrick ne s’occupe pas des détails de monitoring, mais Patrick s’intéresse au diagnostic présenté par son équipe de première ligne. Il peut alors estimer une trajectoire de l’évolution de l’enfant en vue de la stabiliser et de favoriser sa récupération. Ensuite, il doit identifier, prescrire et coordonner un plan de surveillance, d’intervention et de traitement. Plusieurs suivis doivent être effectués pour assurer l’évolution positive de l’enfant. Si nécessaire, Patrick devra ajuster le plan de traitement et les prescriptions.</p> <p><b>Tâches principales</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>01 Rencointres d’équipes (discuter et questionner)</li> <li>02 Suivi du patient sur ICCA (présentiel et distance)</li> <li>03 Tournée médicale et suivi de son équipe</li> <li>04 Examen médicale (physique et visuelle)</li> <li>05 Observer et interpréter les données</li> <li>06 Analyser des laboratoires et l’imagerie</li> <li>07 Déterminer plan de traitement et de surveillance</li> </ol> </div> <div data-bbox="1449 950 1648 1356"> <p><b>Outil de prise en charge</b></p> <p><b>Outils disponibles</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Logiciel ICCA et logiciels de l’USIP</li> <li>- Documentations papier (prescriptions, plans, etc.)</li> <li>- Lignes directrices (téléphone mobile).</li> <li>- Outils de monitoring et d’examens (scans, etc. etc.)</li> </ul> <p><b>Besoins</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avoir accès aux données du patient facilement; intégrer la notion de temporalité, vue d’ensemble et d’interaction des systèmes;</li> <li>- Simplifier l’accès à l’imagerie;</li> <li>- Offrir une meilleure vue d’ensemble;</li> <li>- Rapports des lignes directrices et des cibles.</li> </ul> <p><b>Intérêts</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Difficile de localiser l’information sur les logiciels;</li> <li>- Double vérification souvent nécessaire;</li> <li>- Outil de monitoring différent en fonction de la chambre et du patient;</li> <li>- Mauvais niveau de CS et difficile à prendre une décision adéquate.</li> </ul> <p><b>Environnement</b></p> <p>Patrick passe le plus clair de son temps dans les bureaux au centre de l’unité. Lors des tournées, dans la chambre des patients.</p> <p><b>Besoins</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Espace calme pour pouvoir discuter, se reposer et réfléchir;</li> <li>- Avoir accès aux données de monitoring peut imposer la localisation.</li> </ul> <p><b>Intérêts</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le travail/environnement répond bien aux besoins de Patrick. Son contexte, la disposition de chambres et les nouvelles technologies nuisent parfois à la qualité de la communication d’équipe et de la surveillance des enfants.</li> </ul> </div> <div data-bbox="1659 950 1858 1356"> <p><b>Cible de traitement variable (04-72h)</b></p> <p><b>Les limites</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan de traitement pour les patients plus unique (ex. - Glasgow 9-10)</li> <li>- Plan de traitement initial difficile à déterminer (ex. - sédation)</li> <li>- Difficile de donner un diagnostic clair à l’équipe et aux proches de l’enfant;</li> <li>- Interpréter les données et reconnaître les éléments confondants (ex. - augmentation de la PC, patho. vs physio);</li> <li>- Trouver l’équilibre entre efficacité et qualité durant les tournées;</li> <li>- L’indication de la notion d’interaction des systèmes et des facteurs confondants.</li> </ul> <p><b>Les variables</b></p> <p>Né pas regarder une donnée isolée</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PCIC [Bar chart]</li> <li>PPIC [Bar chart]</li> <li>Signes vitaux [Bar chart]</li> <li>Amoxes et sédation [Bar chart]</li> <li>LIICOX (saturation veineuse cérébrale) [Bar chart]</li> </ul> </div>

## **4.4.2 Enquête contextuelle**

Cette méthode a été complémentaire aux entretiens et a favorisé une collecte de données plus objective, ce qui a permis de faire la distinction entre ce qui est à faire (tâche) et ce qui est réellement fait par le sujet (activité). De plus, il s'agit de la meilleure façon d'accéder aux comportements des utilisateurs finaux dans leur contexte naturel pour comprendre leurs besoins réels, voire inconscients. Précisément, l'enquête contextuelle a été sélectionnée comme type d'observation en vue de collecter de l'information sur les caractéristiques de 3 facteurs déterminants pour l'UX: l'environnement, l'utilisateur, et les systèmes en place (Lallemant et al., 2018; Mahlke, 2008). L'équipe de recherche s'intéressait particulièrement au processus de prise en charge d'un TCCG, et notamment le rôle des différents intervenants.

Selon ISO 9241-210, cette collecte de données correspond à la première étape de la CCU, soit la spécification des exigences utilisateurs et la compréhension de leur environnement. Les procédures standards du CHUSJ ont été respectées tout au long de cette activité de recherche.

### **4.4.2.1 Participants**

Comme pour les entretiens, nous avons rencontré certains enjeux de recrutement, comme le bassin de participant était limité et les employés surchargés. L'étude visait initialement un échantillon de 3 participants au profil distinct, soit 1 médecin spécialiste, 1 infirmière et 1 « fellow ». Néanmoins, en raison des contraintes de l'étude, aucune journée n'a eu lieu auprès d'un « fellow ». Ainsi, l'enquête contextuelle s'est déroulée sur trois jours et auprès d'un échantillon de 3 employés de l'USIP du CHUSJ, dont 1 médecin, 1 infirmière et 1 infirmière-chef de service.

### **4.4.2.2 Collecte de donnée**

Tout en respectant les restrictions sanitaires en vigueur lors de l'étude, les trois journées d'enquêtes se sont déroulées sur place à l'USIP du CHUSJ. Précisément, nous avons passé une demi-journée avec un employé correspondant à l'un des trois profils d'utilisateurs (se référer au Tableau 4.2). Pour éviter tout enjeu éthique, aucun enregistrement n'a été effectué. Toutefois, des photos et des notes ont été prises en vue de relever les points marquants de la journée et de soutenir l'analyse. La prise de photo a permis de collecter de l'information sur l'environnement de travail (appareil, moniteurs, disposition des différents éléments, etc.) en vue de permettre une intégration optimale

de l'outil de visualisation. Ni les soignants, ni le patient ou les parents n'apparaissent sur les photos. Des artefacts, dont certains documents de travail ont également été conservés pour l'analyse.

Pour les 3 journées d'enquête, nous arrivions vers 7 h, soit avant le début de la tournée médicale. À chaque visite, nous étions jumelés avec un profil de participant différent. En raison des contraintes de recrutement, aucune journée n'a été effectuée auprès d'un « fellow ». De plus, pendant l'étude, aucun patient n'a été admis pour un TCCG. Pour limiter cet enjeu, nous avons misé sur l'observation de la prise en charge de patients ayant un niveau de monitoring similaire à celui admis pour un TCCG. Une grille d'enquête contextuelle avait été préparée au préalable en vue de nous guider lors de l'activité de recherche. Celle-ci couvrait les sujets suivants (Nielsen Norman Group, 2016 ; Sebillotte, 1994) :

- 1- Les espaces physiques ;
- 2- Les acteurs ;
- 3- Les activités réalisées par les acteurs ;
- 4- Les objets présents ou utilisés par les acteurs ;
- 5- Les actions individuelles ;
- 6- Les événements particuliers ;
- 7- Les heures/séquences d'événements ;
- 8- Les tâches des acteurs ;
- 9- Ce que les acteurs éprouvent ou mentionnent.

Durant l'étude, nous interrogeons le participant concernant les sujets présélectionnés pendant qu'il réalisait certaines tâches dans son environnement actuel. Bien que cette approche soit de nature plus intrusive, elle a permis d'approfondir certaines connaissances acquises lors des entretiens, d'offrir des échanges plus riches avec le participant et de collecter des données pertinentes pour l'analyse de la tâche. En effet, ceci a permis de mieux connaître les comportements réels des opérateurs en ayant recours à la verbalisation de leur action.

En vue de rehausser la collecte de données, des notes étaient ajoutées à la grille d'enquête contextuelle à la suite de chaque journée. L'objectif était de faire le point sur les facteurs et les

moments déterminants de l'échange, et de produire un rapport d'activité pour les principales tâches du processus de prise en charge d'un patient.

#### 4.4.2.3 Analyse des données

Les grilles d'enquête contextuelle et les rapports d'activités ont permis de faire une synthèse des différentes journées passées sur l'USIP. Les photos prises ont été annotées et organisées dans la grille, puis l'ensemble des données collectées ont été déposés dans un fichier protégé, sous la forme d'une grille d'analyse. Comme mentionné précédemment, certaines citations percutantes découlant des notes prises durant les journées d'enquête contextuelle ont été conservées afin de faire ressortir des éléments clés pour l'analyse. Comme pour les entretiens, chaque participant a été identifié par un code (ex. P1).

L'extraction et l'analyse des données de l'enquête contextuelle ont permis l'élaboration de contraintes pour la conception de l'interface utilisateur. Le Tableau 4.4 en résume les principales étapes.

Tout d'abord, une analyse de la tâche pour la prise en charge d'un patient à l'USIP a été effectuée pour les 3 participants observés. L'outil de Méthode Analytique de Description (MAD) (Sebillotte, 1994) a été utilisé pour lister et formaliser les tâches. Celui-ci offre une méthodologie pour décomposer la tâche en sous-tâches à partir des données recueillies lors des entretiens et de l'enquête contextuelle. Pour chaque modèle, l'état initial était la prise en charge d'un patient complexe sur l'USIP. Pour cette tâche principale, on retrouvait des objets-tâches indécomposables (*action*) et des tâches composées (*sous-tâches associées*) (Sebillotte, 1994). Finalement, ceci a permis la conception de 3 structures hiérarchiques MAD présentant les besoins des utilisateurs, leurs objectifs, les informations nécessaires, les méthodes employées, etc. En raison des contraintes de temps de l'étude, aucune validation en simulation expérimentale n'a été effectuée, toutefois, la structure des tâches a été validée par l'équipe de recherche du CHUSJ.

Parallèlement, une grille de problèmes a été créée. Dans cette analyse, les données qualitatives et quantitatives de l'enquête contextuelle étaient identifiées comme problématique si ;

- Un membre du personnel soulevait un problème verbalement (à nous, à lui-même ou à un autre membre de l'équipe) ;

- Un membre du personnel soulevait un problème inconsciemment (soupir, difficulté à se concentrer, épuisement, etc.)
- Un membre du personnel devait interrompre ou recommencer une tâche en raison d'un enjeu sur l'USIP du CHUSJ ;
- Un membre du personnel présentait des signes de surcharge de travail (la quantité de travail semble dépasser les capacités humaines selon le temps prescrit).

En vue de représenter ces enjeux par rapport à des tâches possibles, des scénarios d'usage ont également été créés. Ceci a permis de comprendre à quel moment les utilisateurs semblaient avoir le plus de problèmes et comment l'interface pourrait s'intégrer adéquatement en vue de les soutenir davantage lors de la prise de décision.

Ainsi, la grille de problèmes et les scénarios d'usage ont permis de faire ressortir certaines spécifications pour le développement de l'interface et de valider les résultats obtenus par l'analyse de la tâche.

Tableau 4.4 Étapes de l'analyse des données de l'enquête contextuelle

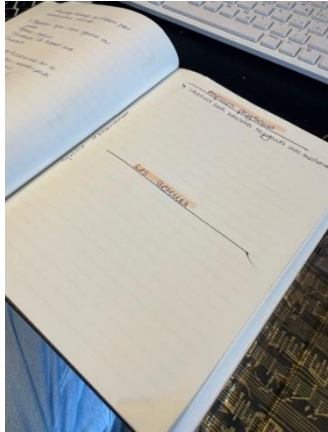
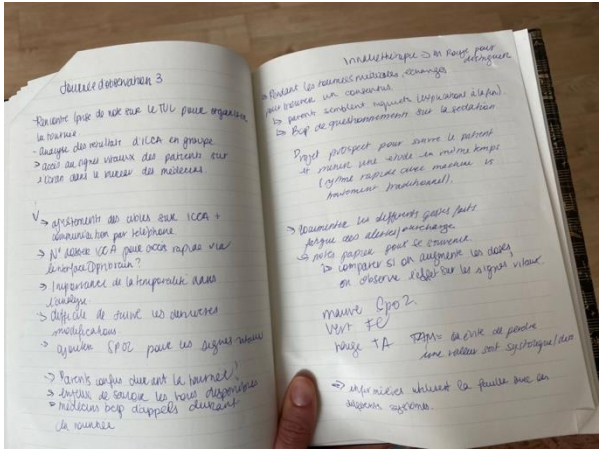
Étapes	Description	Aperçu
<p><b>1-Grille d'observations</b></p>	<p>Avant les journées sur l'USIP, une grille d'enquête contextuelle a été créée en vue de guider la prise de note et d'assurer une collecte optimale pour l'analyse. Celle-ci a été disposée dans un cahier pour simplifier la prise de note manuscrite sur l'USIP.</p>	
<p><b>2-Prise de notes et de photos</b></p>	<p>Lors des journées d'observation, des photos et des notes ont été prises en fonction des critères établis dans la grille d'enquête contextuelle. Des citations ont été retranscrites pour faire ressortir des moments ou des faits marquants de l'observation.</p>	

Tableau 4.4 Étapes de l'analyse des données de l'enquête contextuelle (suite)

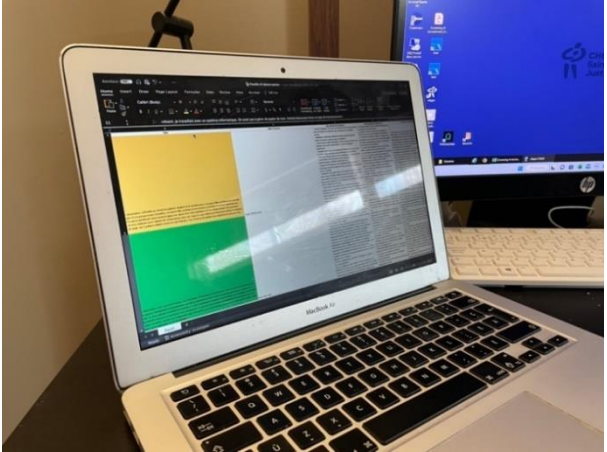
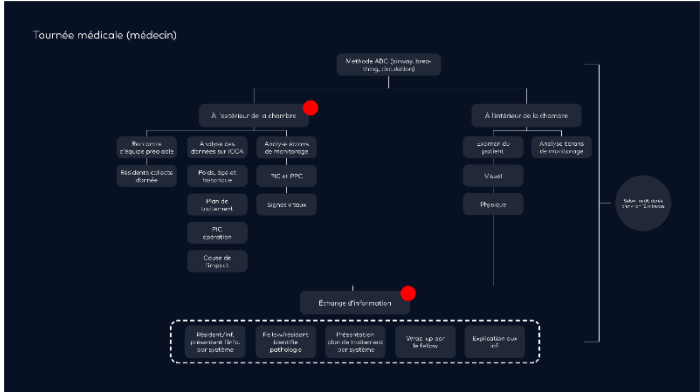
Étapes	Description	Aperçu
<p><b>3-Grille d'analyse</b></p>	<p>À partir des notes prises par l'entremise de la grille d'enquête, une seconde grille d'analyse a été créée. Dans celle-ci, l'ensemble des informations brutes collectées (photos, notes, rapports d'activités et retranscription de citations) ont été disposées selon les catégories suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Titre et résumé ;</li> <li>- Date et heure ;</li> <li>- Déroulement de la journée ;</li> <li>- Notes générales ;</li> <li>- Mes remarques (réflexions) ;</li> <li>- Les remarques des professionnels sur l'unité (citations).</li> </ul>	
<p><b>4-Analyse de la tâche</b></p>	<p>En vue d'extraire les données pour faire ressortir des contraintes pour la conception de l'interface, des analyses de la tâche ont été effectuées pour les 3 participants étudiés. Dans cette analyse, on voit apparaître un arbre hiérarchique incluant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– les tâches et les sous-tâches, ainsi que leurs relations ;</li> <li>– Les informations ou méthodes nécessaires pour chaque tâche et sous-tâche ;</li> <li>– Les situations atténuantes ou les enjeux pour chaque tâche et sous-tâche ;</li> </ul>	

Tableau 4.4 Étapes de l'analyse des données de l'enquête contextuelle (suite et fin)

Étapes	Description	Aperçu
<p><b>5- Grilles problèmes et scénarios d'usage</b></p>	<p>Parallèlement à la réalisation de l'analyse de la tâche, une grille de problème a été effectuée. L'objectif était d'extraire certaines spécifications et pistes de solutions possibles pour la conception de l'interface utilisateur.</p> <p>De plus, ces problèmes ont été représentés sous forme de grille, puis disposés sur des scénarios d'usages, voire des séquences d'événements possibles et les problèmes associés.</p>	<p>The diagram, titled 'Infirmières Journée typique', illustrates a typical day for a nurse through a sequence of eight tasks connected by dashed arrows. The tasks are: 1. Arrivé à l'hôpital entre 7 h 30-8 h 00 (clock icon); 2. Rencontre d'équipe/plan journée (two people talking icon); 3. Arrivé à la station transfert d'informations (station with arrows icon); 4. Visite chambre - préparation tournée médicale (nurse at bed icon); 5. S'occuper de la médication selon ICCA + remplir document prescription papier (nurse at computer icon); 6. Tournée médicale : présentation par système (nurse with patient icon); 7. Pause du midi (remplacement par infirmière en chef ou autre) (coffee cup icon); 8. Transfert vers 19 h pour le quart de soir (nurse with patient icon).</p>

## CHAPITRE 5 PROCESSUS DE CONCEPTION

L'objectif principal de ce projet était de développer un outil de visualisation pour le système OptiBrain, afin d'aider la prise en charge des TCCG chez l'enfant. Les phases d'exploration et d'analyse du projet ont permis d'appliquer des approches de CCU pour déterminer les exigences des utilisateurs finaux et d'élucider les étapes pour la prise en charge d'un patient. Ceci a également permis l'étude de l'USIP du CHUSJ, et des KPI importants et prioritaires du système OptiBrain. L'ensemble des données collectées ont permis de guider la conception de solutions d'interface. Celles-ci ont été adaptées, validées et corrigées par l'entremise de dix séances de design collaboratif (Tableau 5.1). Cette approche de design itérative et participative a permis d'inclure l'ensemble des parties prenantes tout au long du développement de l'interface. Selon ISO 9241-210, cette étape correspond à la troisième phase de la CCU, soit la conception de solutions respectant les exigences établies.

Tableau 5.1 Processus de conception employé pour la phase de génération de l'interface utilisateur

Phase	Processus	Définition et déroulement	Participants
<b>Génération</b>	<b>Séance de design collaboratif et maquettage</b>	<p>Cette méthode permet de construire et d'imaginer des solutions en équipe.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'équipe de recherche présente la maquette sur le logiciel <i>Adobe XD</i> ou <i>Figma</i>.</li> <li>- Les participants utilisent la maquette pour réaliser un scénario de tâche</li> <li>- Leurs commentaires servent à concevoir une nouvelle itération de la maquette</li> </ul> <p>– Processus itératif et collaboratif</p>	<p>10 rencontres pluridisciplinaires ayant rejoint 8 participants ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 1 Designer d'interaction.</li> <li>– 1 Ingénieur/ergonome.</li> <li>– 6 membres de l'équipe médicale.</li> </ul>

### 5.1 Séances de design collaboratif et maquettage

Dix séances de design collaboratif se sont tenues d'octobre 2022 à mars 2023. Cette approche a permis la génération d'idées en incluant les différentes parties prenantes du projet dans le processus de conception. Les utilisateurs finaux jouaient ainsi un rôle actif dans la conception, ce qui a permis

la valorisation de leur expertise pour pousser des concepts adaptés et créatifs lors du développement de l'interface pour OptiBrain.

### 5.1.1 Participants

L'ensemble de l'équipe de recherche et médicale était invité à prendre part aux échanges. Particulièrement au début du processus de design, le designer d'interaction et l'ingénieur/ergonome de l'équipe de recherche assistaient aux séances de design en vue d'assurer la qualité des solutions présentées à l'équipe médicale. À partir de la troisième séance, les membres du personnel ont commencé à assister aux rencontres en vue d'émettre leurs recommandations et leurs commentaires en fonction des scénarios présentés. Grâce à la fonction contrôle d'écran disponible sur les outils de visioconférence, ceux-ci pouvaient également manipuler les maquettes d'interface utilisateur proposées. Ci-dessous se trouve une brève liste de l'échantillon de participants pour chacune des rencontres :

- 1- 1 designer industriel, 1 designer d'interaction et 1 ingénieur industriel ;
- 2- 1 designer industriel, 1 designer d'interaction et 1 ingénieur industriel ;
- 3- 1 designer industriel et 1 médecin spécialiste responsable du projet de recherche OptiBrain ;
- 4- 1 designer industriel et 3 médecins spécialistes, dont 1 responsable du projet de recherche Optibrain ;
- 5- 1 designer industriel, 1 designer d'interaction et 1 ingénieur industriel ;
- 6- 1 designer industriel et 2 médecins spécialistes, dont 1 responsable du projet de recherche Optibrain ;
- 7- 1 designer industriel, 2 médecins spécialistes et 1 infirmière ;
- 8- 1 designer industriel, 2 médecins spécialistes et 1 infirmière ;
- 9- 1 designer industriel, 2 médecins spécialistes et 1 infirmière ;
- 10- 1 designer industriel et 1 médecin spécialiste responsable du projet de recherche OptiBrain.

### 5.1.2 Déroulement des séances et collecte de donnée

Les séances se déroulaient soit sur place (laboratoire de recherche) ou encore à distance par l'entremise du logiciel Teams. Chacune était d'une durée d'environ une heure. Durant ces rencontres, nous présentions l'interface aux différents membres de l'équipe prenant part à l'activité en vue de stimuler les échanges et générer des idées. Pour ce faire, nous présentions des maquettes effectuées sur les logiciels Adobe XD et Figma. En fonction des scénarios présentés, les participants étaient invités à les regarder et les manipuler durant la rencontre.

Les données utilisées pour créer les différents scénarios de TCCG pour l'interface provenaient directement des dossiers ICCA et OptiBrain. Pour éviter tout enjeu éthique, les données étaient légèrement modifiées et aucune information identificatoire n'a été utilisée. On retrouvait 3 grands scénarios de tâche possible pour les 3 grands profils d'utilisateurs :

- 1- (Médecin/ « fellow ») Vous arrivez à l'unité des soins intensifs pédiatriques de Sainte-Justine vers 7 h 30. Après la rencontre de groupe quotidienne, on vous assigne à la PED A. Vous avez à prendre en charge 5 patients, dont l'un nécessite une attention particulière. Votre collègue vous explique que dans la nuit précédente, 5 heures avant votre arrivée à l'hôpital, le garçon a été admis pour un TCCG. Il vous transfère également que l'enfant est sous sédation profonde, sous respirateur et sous amine, après son passage en salle d'opération pour monitoring de la PIC. Ce scénario présente une situation critique en phase aigüe avec un problème d'adhérence aux lignes directrices concernant les cibles de neuromonitorage (PIC, PPC, Licox et pupilles) ;
- 2- (Infirmière) Vous arrivez à l'unité des soins intensifs pédiatriques de Sainte-Justine vers 7 h 30. Après la rencontre de groupe quotidienne, on vous assigne à la PED A. Vous avez à prendre en charge 2 patients, dont l'un nécessite une attention particulière. Votre collègue vous explique que dans la nuit précédente, quelques heures avant votre arrivée à l'hôpital, la PIC et la température du garçon admis pour un TCCG ont augmenté drastiquement. Il vous transfère également que la dose de sédation et d'amines du patient a été augmentée. Une couverture froide a aussi été disposée sur son lit. Ce scénario présente une situation critique en phase aigüe avec un problème d'adhérence aux lignes directrices concernant les cibles de neuromonitorage (PIC, PPC, Licox et pupilles), puis un risque d'infection avec facteurs confondants ;





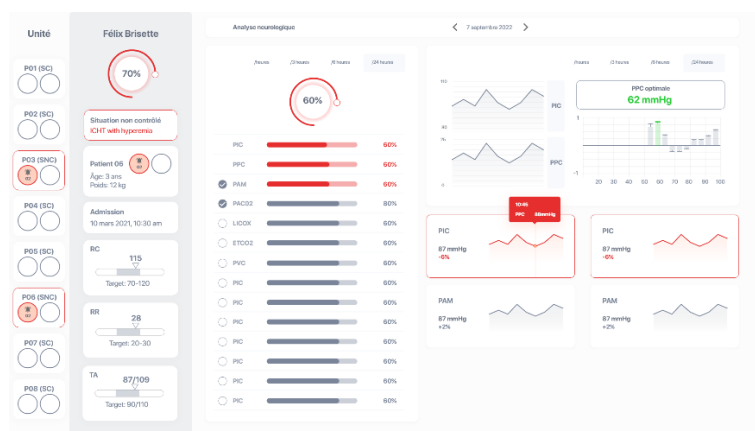
### Rencontre 3 : 1 designer industriel et 1 médecin spécialiste



**Améliorations 3 :** Le médecin spécialiste considère important d'ajouter le calcul automatisé de la PPC optimale, l'adhérence globale et l'état neurologique du patient sur l'interface. Il souligne qu'il n'est pas nécessaire d'avoir le niveau de sédation dans le dossier patient.

**Justifications 3 :** Ces ajustements permettront d'améliorer la vue d'ensemble de la situation par l'entremise des analyses automatisées et des données plus spécifiques à l'état neurologique du patient. En somme, ceci permettra d'augmenter la CS et de soutenir davantage la prise de décision lors d'incertitude de l'équipe médicale.

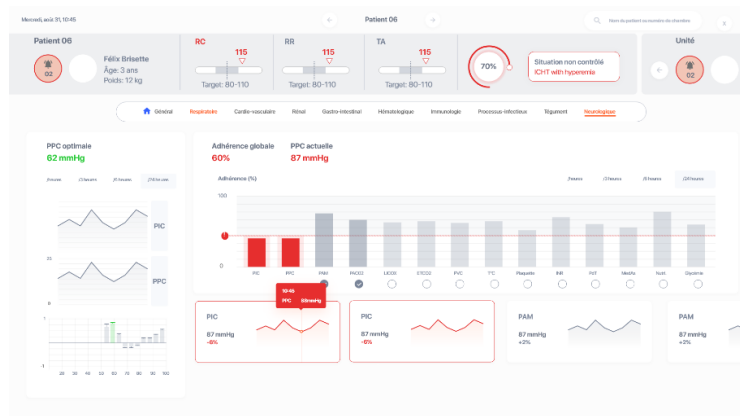
### Rencontre 4 : 1 designer industriel et 3 médecins spécialistes



**Améliorations 4 :** Les médecins semblent satisfaits par l'information présentée sur l'interface. Toutefois, ils aimeraient avoir une meilleure intégration de la notion de temporalité pour l'analyse des données. Ils recommandent l'utilisation de graphiques (x, y). De plus, ils mentionnent certains enjeux en matière de compréhension de l'information en raison du sens de lecture et aux groupements proposés.

**Justifications 4 :** Globalement, l'équipe médicale semble préférer l'orientation précédente, car elle permettait une meilleure lecture de l'information (*\*préférence pour la lecture horizontale par l'équipe médicale*). De plus, la lecture par graphique temporel est plus naturelle et intuitive pour les médecins.

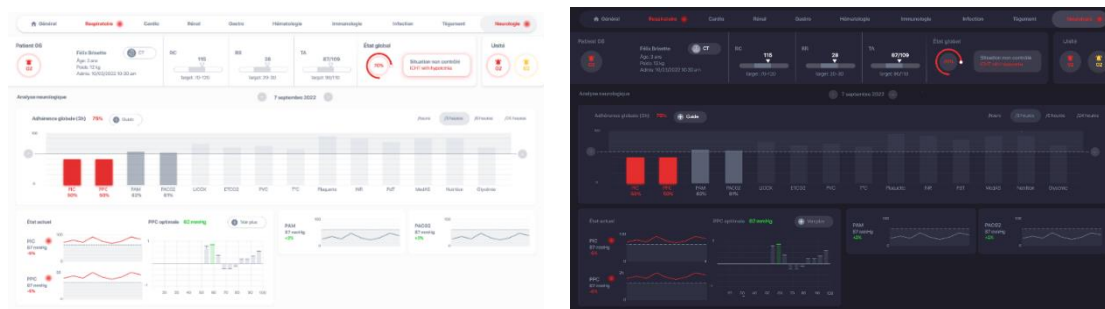
### Rencontre 5 : 1 designer industriel, 1 ingénieur et 1 designer d'interaction



**Améliorations 5 :** Dans l'ensemble, l'équipe souligne une amélioration considérable. Cependant, il est important d'éviter les informations cachées (données en temps réel) et d'améliorer le groupement d'informations. Notamment, il est recommandé de disposer la PPC optimale (PIC+PPC) avec les autres indicateurs et d'ajouter des libellés plus précis pour améliorer la compréhension de cette information. Au niveau de l'interaction, le principe de sélection des indicateurs sur le graphique d'adhérence aux lignes directrices doit être amélioré.

**Justifications 5 :** Montrer les informations de façon explicite pour éviter à l'utilisateur de devoir chercher de l'information cachée ou d'effectuer des manœuvres sur de petits espaces. De plus, l'utilisation des éléments graphiques et les libellés associés doivent permettre de vulgariser et synthétiser l'information le plus clairement possible.

## Rencontre 6 : 2 médecins spécialistes et 1 designer industriel

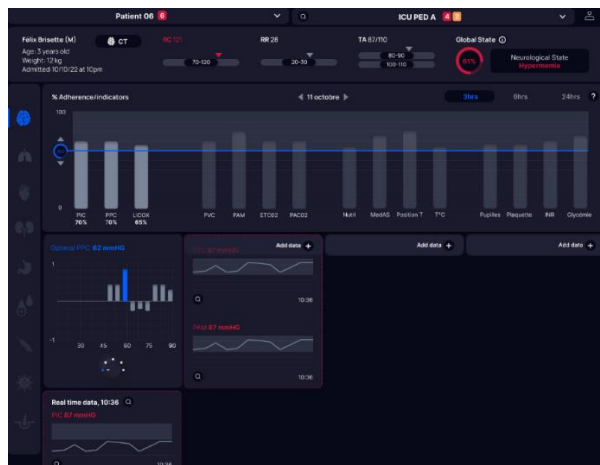


**Améliorations 6 :** L'ensemble de l'équipe mentionne sa préférence pour le mode sombre et ce en vue de permettre une lecture plus adaptée de l'interface sur l'USIP, particulièrement durant les rondes nocturnes. On constate également un intérêt marqué pour l'aspect de la personnalisation de l'interface.

Ici, les fonctions à améliorer sont les notifications pour les alarmes et la barre de navigation pour les différents systèmes physiologiques. Au niveau graphique, il sera important d'aligner les données en temps réels avec le graphique et d'optimiser l'utilisation de l'espace sur l'interface.

**Justifications 6 :** La personnalisation permettra d'éviter toute surcharge visuelle d'information et d'augmenter la CS de l'utilisateur. Quant à elle, les notifications et les alertes devraient reposer sur des méthodes de représentation conventionnelles (ex. : petits points rouges sur le côté supérieur droit). Ceci permettra une reconnaissance et une compréhension plus rapide de l'information présentée. Finalement, il sera important de présenter les icônes avec des libellés clairs pour rendre l'information plus intuitive et respecter les critères ergonomiques visés par l'étude.

## Rencontre 7 : 1 designer industriel, 2 médecins spécialistes et 1 infirmière



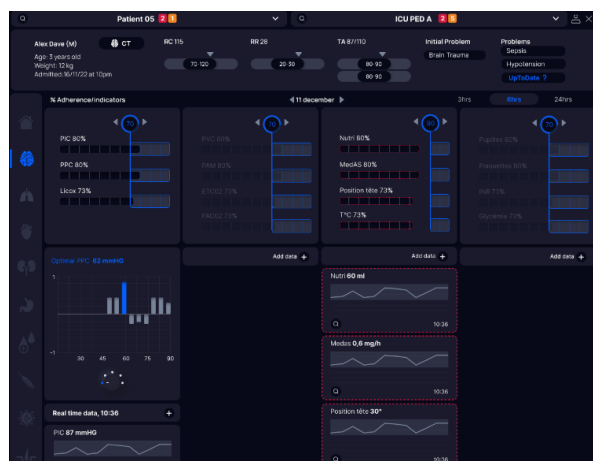
**Améliorations 7 :** Au niveau visuel, l'équipe semble apprécier l'interface. Toutefois, il souligne certains enjeux en matière de lecture de l'information, particulièrement au niveau du choix des couleurs et de l'homogénéisation de la lecture des graphiques.

Pour le graphique de l'adhérence aux lignes directrices, l'équipe soulève leur inquiétude en ce qui concerne l'ajustement trop flexible des pourcentages d'adhérence. Les médecins recommandent de mettre une valeur par défaut (80-90 %) pour l'adhérence aux lignes directrices. De plus, ils estiment important d'améliorer la distinction entre les 4 groupes d'indicateurs proposés (neuromonitorage, cardio-respiratoire, laboratoire et autres).

**Justifications 7 :** L'ajustement des lignes directrices au niveau individuel pourrait avoir des retombées nocives en matière de communication de l'information. Ceci pourrait mener à des erreurs cliniques.

De manière générale, l'équipe considère une grande amélioration au niveau de l'interface. Cependant, une meilleure lecture des données sur les graphiques s'avère encore nécessaire.

**Rencontre 8 :** 1 designer industriel, 2 médecins spécialistes et 1 infirmière  
**Aperçu :**



**Améliorations 8 :** Dans le dossier patient, l'équipe considère qu'il y a trop d'informations, ce qui limite la qualité de sa lecture et de sa compréhension. De plus, il souligne certains écarts au niveau de la nomenclature par rapport à ICCA.

Dans le graphique d'adhérence aux lignes directrices, l'équipe souligne l'importance de revoir les libellés et les groupements d'informations. Notamment, certains considèrent que la température devrait être avec les indicateurs prioritaires. De plus, il sera important de distinguer les indicateurs

de monitoring et de surveillance, puis de faire apparaître les résultats de monitoring de manière prioritaire.

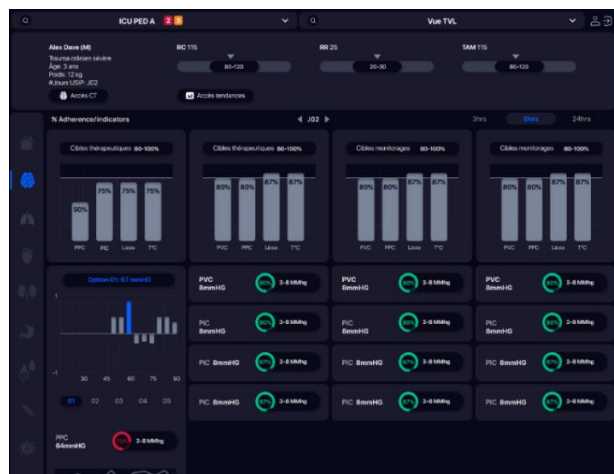
Pour optimiser la compréhension du principe d'adhérence, l'équipe recommande d'approcher la cible clinique liée au pourcentage. Par exemple, si la PPC est à 80 %, ceci veut dire que dans 80 % des cas, le patient présente une PPC de 64 mmHg, puisque la cible clinique est de 60-70 mmHg. Dans l'ensemble, l'équipe préfère la visualisation des données à la verticale.

Pour les données en temps réel, les médecins considèrent pertinent de pouvoir ajuster les cibles cliniques, mais recommandent d'éviter l'ajustement des lignes directrices. Ils proposent également d'améliorer le principe de sélection de la PPC optimale et l'ajout de libellés clairs.

**Justifications 8 :** En optimisant la quantité de données présentées, la lecture et la compréhension, de l'information s'avère plus claire. Précisément, dans le dossier patient, ceci permettra d'augmenter la taille des graphiques pour les tendances. De plus, les médecins recommandent d'utiliser une nomenclature identique à ICCA pour les libellés en vue de simplifier la reconnaissance et la compréhension de l'information sur l'interface.

Ces ajustements permettront d'optimiser la compréhension des lignes directrices et du lien avec les données en temps réel. L'ajustement des groupements et l'ajout de libellés permettront également une application plus adéquate de l'interface à la pratique des médecins au quotidien.

**Rencontre 9 :** 1 designer industriel, 2 médecins spécialistes et 1 infirmière  
**Aperçu :**



**Améliorations 9 :** Bien que la lecture horizontale du graphique de l'adhérence aux lignes directrices semble plus appréciée par l'équipe, on constate encore des enjeux en matière de lecture non homogène de l'information (pas toujours dans le même sens). Cependant, les médecins apprécient l'utilisation des couleurs rouge et vertes pour distinguer une situation anormale d'une situation normale.

Dans le dossier patient, les libellés et l'emplacement pour les signes vitaux doivent être ajustés, soit mettre RC plutôt que FC, puis disposer les signes dans l'ordre suivant : FC, TAM, puis FR. En fait, en pratique clinique, l'équipe utilise plus couramment le terme rythme cardiaque plutôt que fréquence cardiaque. De plus, la lecture de la FC et de la TAM est faite de manière conjointe, particulièrement pour l'analyse hémodynamique.

Pour les groupements d'indicateurs, il sera important de revoir le groupe 4 et de réévaluer l'emplacement de la PaCO<sub>2</sub> (respiratoire) avec le groupement 2 (cardiovasculaire). De plus, les médecins recommandent d'approcher les cibles cliniques des différents indicateurs dans le graphique d'adhérence aux lignes directrices et des données en temps réel.

**Justifications 9 :** Ces ajustements permettront au clinicien d'avoir une meilleure vue d'ensemble et d'agir rapidement au moment de sa tournée. En effet, ce dernier doit comprendre immédiatement l'état du patient et ce qu'il se passe au moment où il regarde l'interface, et ce pour augmenter la CS et soutenir la prise de décision.

Pour les groupements, ces améliorations permettront d'ajuster l'emplacement des indicateurs selon l'impact sur le système. Somme toute, l'équipe comprend mieux les lignes directrices et le lien avec les données en temps réel.

**Rencontre 10 :** 1 designer industriel et 1 médecin spécialiste



**Améliorations 10** : Au niveau des notifications dans le haut de l'écran, le médecin soulève une certaine redondance de l'information. Il recommande de conserver la vue TVL (voir Boudreault et al., 2023) et de montrer les notifications de systèmes altérés sur la barre de navigation.

Dans le dossier patient, il recommande d'enlever les signes vitaux et d'ajouter les analyses automatisées (adhérence globale et état neurologique). Il s'agit des informations les plus déterminantes pour la prise de décision concernant le système neurologique.

Il recommande de créer les groupes d'indicateurs suivants :

- 1- Cibles neuromonitorage : PPC, PIC, Licox et pupilles ;
- 2- Cibles cardio-respiratoires : PVC, PAM, ETCO2 et PACO2 ;
- 3- Monitoring laboratoires : Glycémie, INR et plaquettes ;
- 4- Support général : Analgo-sédation, nutrition, tête du lit et température.

Il semble satisfait avec la présentation des données en temps réel, et considère que la PPC optimale devrait être affichée par défaut. Il souligne l'importance de conserver l'aspect de la personnalisation de l'interface.

**Justifications 10** : Ces derniers ajustements permettront de maximiser la compréhension des données présentées. En effet, en offrant une meilleure hiérarchie visuelle et des groupements d'informations avec des libellés précis, l'utilisateur sera en mesure d'avoir une synthèse optimisée des résultats. Ceci permettra une meilleure interprétation des données et permettra aux cliniciens d'anticiper plus précisément la trajectoire actuelle du patient.

À savoir, les signes vitaux ont été retirés, comme ceux-ci sont facilement accessibles partout sur l'USIP et seront disposés sur un autre niveau de l'interface utilisateur dans les prochaines versions du SIADC.

La version finale de l'interface utilisateur retenue se retrouve dans la section 6.2 du chapitre résultat.

## CHAPITRE 6 RÉSULTATS

Ce chapitre présente les résultats obtenus dans cette étude. Il débute avec les résultats de la phase d'exploration et d'analyse, puis il enchaîne avec la présentation de la maquette finale de l'interface OptiBrain et ses principales fonctionnalités.

### 6.1 Résultats de la phase d'exploration et d'analyse

En appliquant les méthodes de la CCU, dont les entretiens semi-dirigés et l'enquête contextuelle, la phase d'exploration a permis de récolter de l'information sur le système OptiBrain, les exigences des utilisateurs, ainsi que sur le contexte de prise en charge sur l'USIP.

Le Tableau 6.1 résume brièvement les critères d'information retenus qui ont servi à la conception de l'interface, dont 20 contraintes concernant les besoins utilisateurs, 17 critères ergonomiques issus de la revue de la littérature, 6 KPI prioritaires pour l'état de santé neurologique, 14 KPI spécifiques à OptiBrain et 2 KPI pour l'analyse neurologique automatisée.

Tableau 6.1 Listes des critères de conceptions retenus pour le processus de conception de l'interface utilisateur OptiBrain

Catégories de critères	#critères	Liste des critères retenus
<b>Besoins utilisateurs/ Contexte</b>	20 contraintes utilisateurs	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Avoir accès aux données du patient rapidement. Centraliser les informations déterminantes médicales sur une même plateforme ;</li> <li>2. Intégrer la notion de temporalité dans l'analyse des données cliniques et thérapeutiques ;</li> <li>3. Éliminer les données isolées (attention sélective de l'information) ;</li> <li>4. Prioriser les données en temps réel (relativement aux soignants) ;</li> <li>5. Offrir une vue d'ensemble de l'unité, en parallèle aux données du patient étudié ;</li> <li>6. Alerter le clinicien en cas d'anomalie des indicateurs déterminants ;</li> <li>7. Soutenir le clinicien dans sa compréhension de l'interaction entre les systèmes lors de l'analyse d'un problème ;</li> <li>8. Simplifier l'accès à l'imagerie médicale (CT scan) pour permettre son utilisation lors d'analyse ;</li> <li>9. Avoir accès à des rappels en matière d'application des lignes directrices ;</li> <li>10. Avoir accès à des rappels en matière d'objectifs cliniques (établi dans le plan de traitement) ;</li> <li>11. Avoir accès aux tendances des signes vitaux ;</li> <li>12. Avoir accès à l'état neurologique (faciliter le diagnostic) ;</li> <li>13. Avoir accès à la PPC optimale (faciliter le diagnostic) ;</li> </ol>

Tableau 6.1 Listes des critères de conceptions retenus pour le processus de conception de l'interface utilisateur OptiBrain (suite)

Catégories de critères	#critères	Liste des critères retenus
<b>Besoins utilisateurs/ Contexte</b>	20 contraintes utilisateurs	14- Présenter les indicateurs et les problèmes par systèmes (ex. : neurologique, cardiaque, pulmonaire, etc.) ; 15- Améliorer la communication entre les différentes parties prenantes lors des tournées médicales (infirmières, inhalothérapeute, parents, etc.) ; 16- Offrir un système qui connaît ses limites en matière d'automatisation (ne pas laisser le système prendre des décisions pour le clinicien) ; 17- Respecter la nomenclature médicale et les termes utilisés dans ICCA (ex. : date=J01 ; âge=3a 5 min 5 s j ; poids=12.300, etc.) ; 18- Offrir une plateforme accessible sur ordinateur (SIADC portatif) Les médecins travaillent majoritairement sur cet outil ; 19- Permettre l'ajustement des cibles thérapeutiques pour les patients plus critiques (limiter la fatigue par les alertes) ; 20- Permettre de croiser les données par système (ex. : neurologique vs cardiologique)
<b>Critères ergonomiques</b>	17 critères ergonomiques	<p><b>Les 7 critères de design pour la fatigue et le stress (Swindler, K, 2021) :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Combiner les données écrites et visuelles ;</li> <li>2. Regrouper les informations complexes en plus petits groupes ;</li> <li>3. Créer des interactions qui permettent le retour en arrière ;</li> <li>4. Utiliser un langage simple ;</li> <li>5. Interpeller l'utilisateur et ses connaissances avec l'information présentée ;</li> <li>6. Assigner la responsabilité des tâches et hiérarchiser l'information ;</li> <li>7. Prévenir les biais lors de la prise de décision (ex. : informations manquantes ou cachées).</li> </ol> <p><b>Les 10 critères heuristiques d'utilisabilité par le Nielsen Norman Group (Usabilis, 2021) :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>8. Visibilité du statut (ou état) du système ;</li> <li>9. Correspondance entre le système et le monde réel ;</li> <li>10. Contrôle et liberté de l'utilisateur ;</li> <li>11. Cohérence et respect des normes ;</li> <li>12. Prévention des erreurs ;</li> <li>13. Reconnaissance plutôt que rappel ;</li> <li>14. Flexibilité et efficacité ;</li> <li>15. Design esthétique et minimaliste ;</li> <li>16. Reconnaissance et correction des erreurs ;</li> <li>17. Aide et documentation.</li> </ol>
<b>KPI prioritaire</b>	6 indicateurs prioritaires	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. PPC ;</li> <li>2. PIC ;</li> <li>3. Licox</li> <li>4. Température ;</li> <li>5. Signes vitaux ;</li> <li>6. LICOX (saturation veineuse cérébrale) ;</li> <li>7. Amines et sédatations.</li> </ol>

Tableau 6.1 Listes des critères de conceptions retenus pour le processus de conception de l'interface utilisateur OptiBrain (suite et fin)

<b>Catégories de critères</b>	<b>#critères</b>	<b>Liste des critères retenus</b>
<b>KPI Optibrain</b>	14 indicateurs	- Se référer au Tableau 2.3 Groupement d'indicateurs et noms associés.
<b>KPI Automatisée</b>	2 indicateurs	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. L'état d'autorégulation cérébrale, incluant la pression de perfusion cérébrale optimale ;</li> <li>2. La catégorisation de l'état de la condition cérébrale parmi 6 classes.</li> </ol>

Ensuite, la phase d'analyse a permis d'étudier les données recueillies et de créer 2 personas, 2 cartes d'expériences, 3 analyses de la tâche et 3 scénarios d'usage (voir Annexe E). En somme, ces deux premières phases du projet ont permis de réaliser un tableau de critères en vue de guider le processus de conception de l'interface utilisateur OptiBrain.

## 6.2 Résultats de la phase de génération

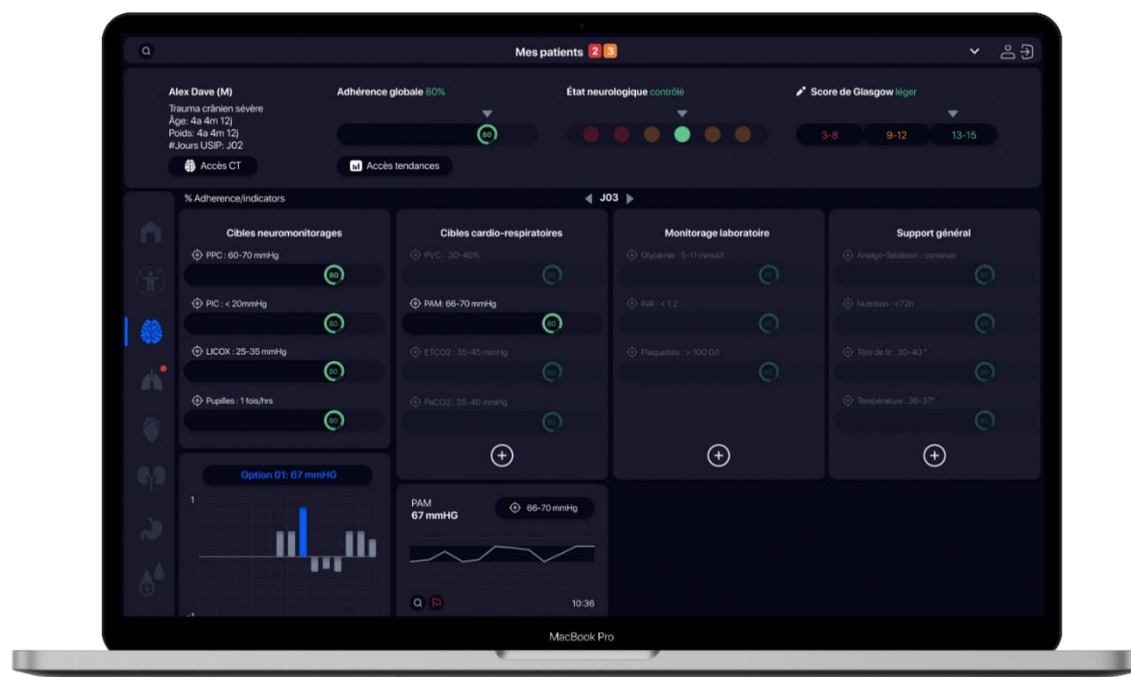


Figure 6.1 Prototype retenu pour l'interface utilisateur OptiBrain

Durant la phase de génération, 10 séances de design collaboratif ont permis de concevoir des solutions possibles et de faire évoluer les maquettes en mettant de l'avant un processus itératif et participatif. La **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** présente le prototype retenu d'interface utilisateur pour le présent projet de recherche. Le lien suivant mène vers une vidéo présentant les différentes interactions offertes sur l'interface utilisateur : <https://youtu.be/BNVkJI2mXaM>.

Le reste de ce chapitre présente un descriptif des différentes fonctions et interactions offertes par la solution d'interface utilisateur, ainsi que les justifications associées.

Pour simplifier la présentation des résultats concernant l'interface retenue, ceux-ci seront sectionnés et présentés selon les 5 zones principales de l'interface utilisateur OptiBrain, soit la barre de navigation principale, la barre de navigation des systèmes, le dossier patient, l'adhérence aux lignes directrices et les données en temps réel. La Figure 6.2 présente les différentes zones de l'interface.

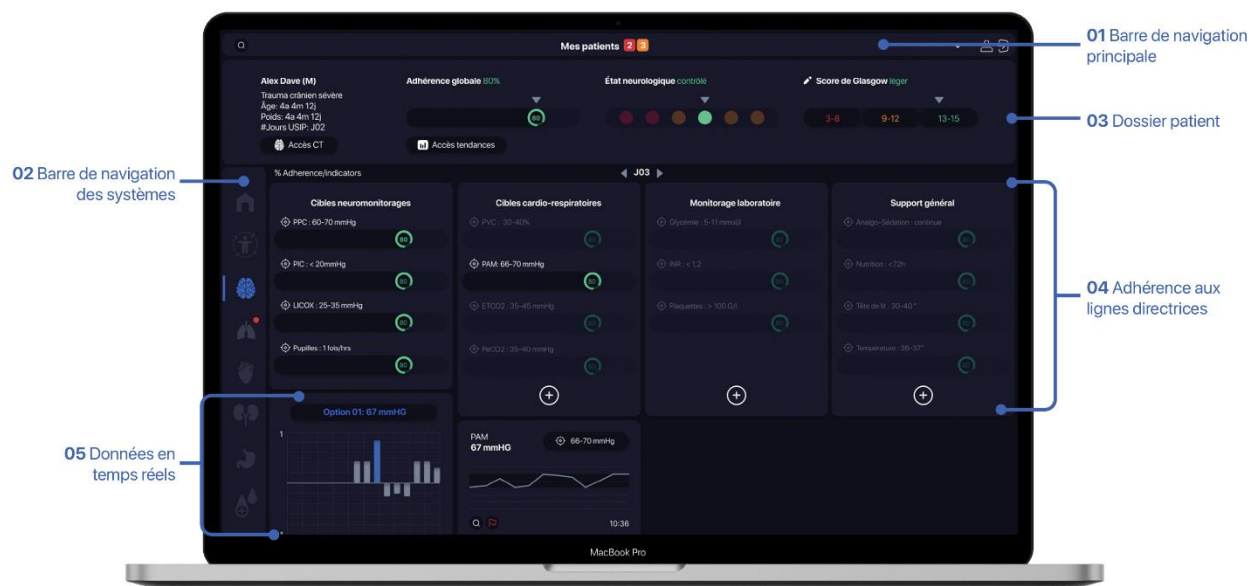


Figure 6.2 Les 5 grandes zones de l'interface utilisateur OptiBrain.

## 6.2.1 Barre de navigation principale

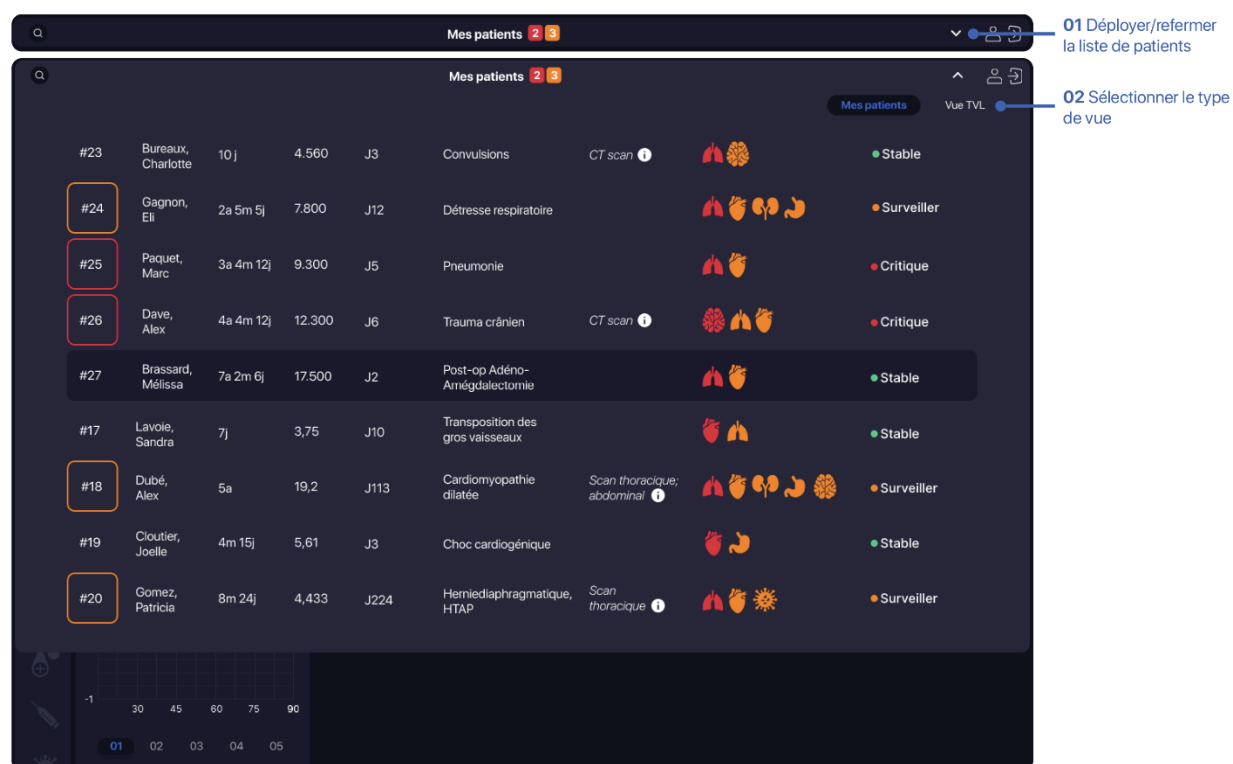


Figure 6.3 Aperçu de la barre de navigation principale.

## Fonctions

- Permettre au clinicien d'accéder à la liste des patients ou la vue TVL à tout moment (chevron à l'extrémité droite) ;
- Notifier le clinicien en cas d'urgence ou de changements (codification par couleur rouge et orange) ;
- Permettre au clinicien de rechercher un patient (icônes de loupe à l'extrémité gauche) ;
- Permettre au clinicien de se déconnecter et d'accéder aux réglages à tout moment (icônes à la droite du chevron).
- Cette zone devrait rester identique, peu importe le système étudié.

## Interactions possibles :

- Déployer/refermer la liste des patients (chevron à l'extrémité droite) ;
- Sélectionner un patient dans la liste ou la vue TVL (bandes informatives ou vue topographique).

**Justifications :** Ces fonctions et interactions ont été ajoutées sur l'interface utilisateur en vue de simplifier la navigation entre les patients et d'éviter des retours en arrière inutiles. De plus, ceci permet au clinicien d'avoir une meilleure CS durant sa journée et ses tournées médicales, comme il peut voir les alertes et les changements importants concernant tous ses patients, peu importe où il se trouve sur l'interface. On évite ainsi la vision tunnel et on permet au clinicien de mieux prioriser son temps et de suivre plus adéquatement ses patients critiques et leurs KPI déterminants. Ceci assure également la sécurité des patients lors des tournées plus longues, évite les déplacements inutiles sur l'USIP et facilite le transfert de patients entre équipes pédiatrique (PED A, PED B et PED C). D'un point de vue ergonomique, la solution proposée permet de prévenir les biais lors de la gestion des patients dont le clinicien est responsable, comme il n'y a pas d'informations manquantes et que l'interface offre une meilleure visibilité de l'état de la situation. L'utilisation des bandes informatives pour les patients permet aussi de regrouper les informations complexes en plus petits groupes et offre des interactions qui permettent des retours en arrière efficaces. Ceci augmente le contrôle et la liberté de l'utilisateur. De plus, le choix entre la liste des patients et la

vue TVL offre une plus grande flexibilité à l'utilisateur (modèle mental) lors de la planification de sa journée.

## 6.2.2 Barre de navigation des systèmes physiologiques d'un patient

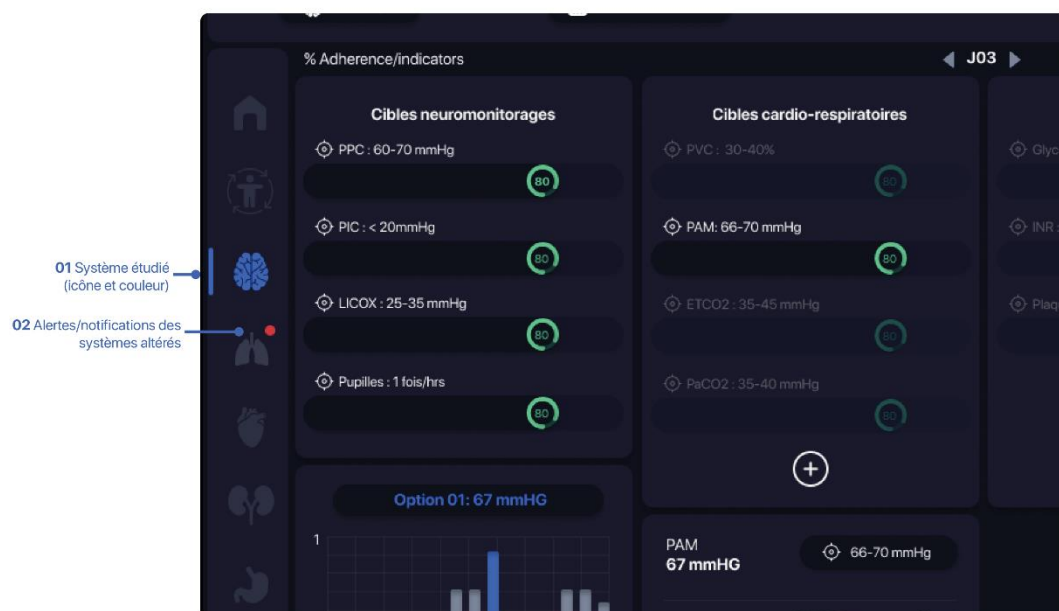


Figure 6.4 Aperçu de la barre de navigation des systèmes physiologiques d'un patient (à gauche).

### Fonctions

- Présenter au clinicien la barre de navigation par système physiologique en vue de respecter leur modèle mental lors du processus de prise en charge (surbrillance du système étudié) ;
- Sur la barre de navigation, notifier le clinicien si l'un des systèmes est critique, ou à surveiller (pastille en haut à droite de l'icône) ;
- Utiliser des icônes claires du système étudié (reconnaissance rapide) sur la barre de navigation (à gauche de l'interface) ;
- Cette zone devrait rester identique, peu importe le système étudié.

### Interactions possibles

- Sélectionner un icône pour changer de système sur l'interface.

**Justifications :** Ces fonctions et interactions ont été ajoutées sur l'interface utilisateur en vue de simplifier la navigation entre les différents niveaux et les systèmes physiologiques du patient, et d'éviter des retours en arrière inutiles. Ceci assure également la sécurité des patients et permet d'aider à la prise de décision, particulièrement lors de situation clinique avec plusieurs facteurs confondants. Précisément, les notifications sur les icônes permettent au clinicien de voir les alertes et les changements concernant les systèmes altérés, qui limitent le risque d'erreur en matière de l'interrelation par système lors de l'étude d'un problème. D'un point de vue ergonomique, en plus d'offrir des interactions simples qui évitent des retours en arrière inutiles, cette solution interpelle l'utilisateur et ses connaissances, comme l'information présentée respecte le modèle de prise en charge par systèmes. L'utilisation des icônes et des couleurs permet également de montrer clairement à l'opérateur où il se trouve dans le système. Finalement, les notifications avec les pastilles de couleurs permettent aux cliniciens de constater l'interrelation et les facteurs confondants entre les systèmes altérés, et de potentiellement soutenir l'intégration des données cliniques. Par exemple, s'il constate que le poumon est également critique sur la barre de navigation, il peut plus facilement comprendre les enjeux en matière d'indicateurs cardio-respiratoires et l'information dont il a besoin pour effectuer sa prise en charge.

### 6.2.3 Dossier patient



Figure 6.5 Aperçu du dossier patient.

**Fonctions :**

- Présenter au clinicien les données déterminantes générales du patient pour la prise en charge (nom, sexe, diagnostic d'admission, poids et âge et durée de séjour à l'USIP) ;
- Respecter la nomenclature d'ICCA pour la présentation des données générales du patient (ex. : âge en années, mois et jours) ;
- Faciliter l'accès à l'imagerie (dernier SCAN ou lien vers les images) ;
- Présenter les analyses automatisées et les scores significatifs du système ;
- Offrir la possibilité d'accéder aux tendances temporelles concernant les analyses et les scores (graphique x, y) ;
- Utiliser des outils graphiques et des couleurs pour montrer clairement au clinicien si les KPI déterminants sont contrôlés, à surveiller ou critiques.
- Les KPI de cette zone devraient être ajustés en fonction du système étudié.

#### **Interactions possibles :**

- Déployer/refermer les tendances pour les KPI déterminants (icônes et libellés, en bas à gauche) ;
- Sélectionner l'option CT SCAN pour accéder à la dernière imagerie médicale (icônes et libellés, en bas à gauche) ;

**Justifications :** Ces différentes fonctions et interactions ont été ajoutées en vue de permettre à l'utilisateur d'avoir un premier aperçu de l'état général du patient d'un point de vue neurologique. En effet, avant de commencer à analyser les indicateurs de manière plus pointue, les KPI proposées permettent au clinicien de mieux comprendre l'état de la situation globale et d'ainsi le guider adéquatement parmi les indicateurs présentés dans l'adhérence aux lignes directrices et les données en temps réel. Ceci permet également de hiérarchiser l'information et de prioriser les analyses automatisées, puisqu'elles aident grandement les cliniciens lors de la prise en charge des TCCG et de l'intégration des données cliniques. Pour optimiser leur compréhension, les tendances temporelles sous forme de graphique x, y ont également été ajoutées. De plus, l'accès à l'imagerie a été envisagé, comme son analyse est complémentaire au processus de prise en charge du patient. Cependant, pour éviter la surcharge visuelle de l'interface, l'accès à ces tendances est facultatif et demeure accessible selon les besoins de l'utilisateur. D'un point de vue ergonomique, l'ensemble

des données écrites sont combinées avec des éléments visuels pour prévenir les biais et soutenir le clinicien en période d'urgence. La nomenclature utilisée pour les données écrites interpelle le clinicien et correspond à son modèle mental, comme elle respecte celle utilisée quotidiennement sur ICCA. Le code de couleur utilisé demeure identique sur les différentes zones de l'interface pour assurer une cohérence et optimiser la reconnaissance de l'état neurologique actuel (contrôlé, à surveiller et critique).

Pour la CS, l'avantage principal de cette zone est qu'elle favorise une première hiérarchisation de l'information et guide l'utilisateur dans l'analyse des données de l'adhérence aux lignes directrices et données en temps réel de l'interface. De plus, elle simplifie l'intégration des données en offrant une analyse automatisée de l'état neurologique, de l'adhérence globale aux lignes directrices et du score de Glasgow. Le cas échéant, le clinicien a la liberté d'accéder à plus d'informations en fonction de ses besoins en matière de documentation et d'aide. Les graphiques de tendance respectent les codes visuels établis et la notion de temporalité permet de prévenir les biais concernant une donnée isolée lors de la prise de décision et de l'analyse de l'état neurologique. Bref, le dossier patient centralise les données essentielles d'ICCA, et offre un aperçu synthétisé et simplifier de l'état neurologique du patient.

## 6.2.4 Adhérence aux lignes directrices

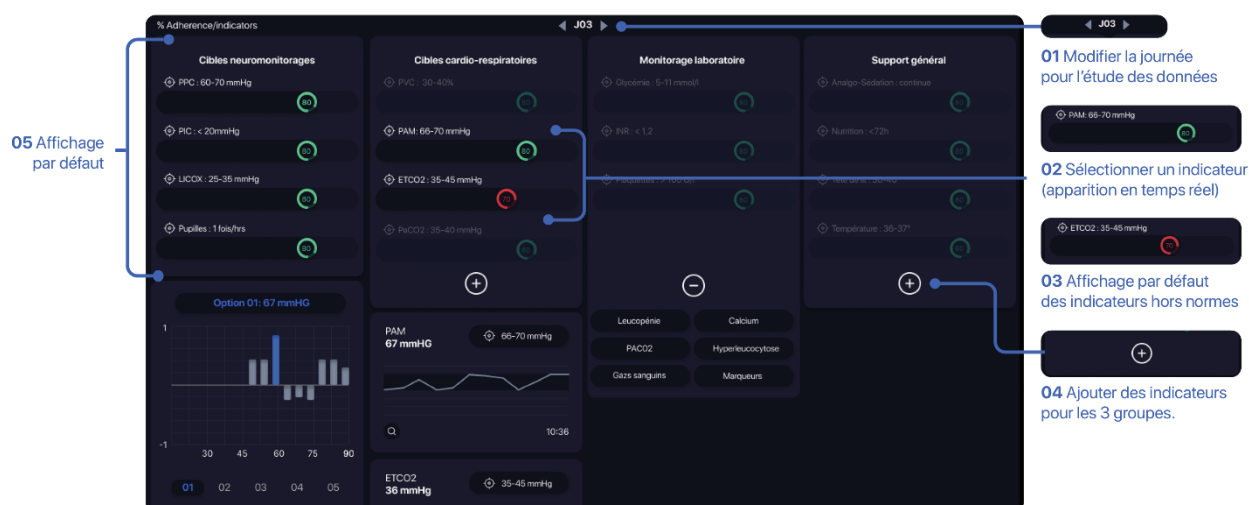


Figure 6.6 Aperçu de l'adhérence aux lignes directrices.

### Fonctions

- Permettre au clinicien d'analyser l'adhérence des lignes directrices par jour et respecter la nomenclature d'ICCA pour les libellés sur l'interface (ex. : J1, J2, J3) ;
- Faciliter l'analyse de l'adhérence des données en offrant 4 regroupements d'indicateurs principaux (4 cadres distincts sur l'interface) ;
- Utiliser des libellés clairs et représentatifs de la pratique des cliniciens pour les regroupements d'indicateurs (cibles neuromonitorages, cibles cardio-respiratoires, monitoring laboratoire, support général) ;
- Présenter l'analyse de l'adhérence des données du système étudié par défaut et les présenter en premier (cibles neuromonitorages, groupe à l'extrême gauche) ;
- Présenter les données hors cibles dans la zone de données en temps réel;
- Présenter le pourcentage d'adhérence et la cible clinique spécifique pour chaque indicateur (éléments graphiques sur les 4 cadres distincts) ;
- Permettre au clinicien de personnaliser son interface et filtrer les informations dont il a besoin pour sa prise en charge (sélectionner un élément graphique dans l'un des cadres);
- Permettre aux cliniciens d'ajouter des indicateurs si nécessaires (icônes + dans le bas des cadres) ;
- Utiliser des outils graphiques et des couleurs pour montrer clairement au clinicien si les KPI déterminants sont contrôlés, à surveiller ou critiques ;
- Les KPI de cette zone devraient être ajustés en fonction du système étudié.

### **Interactions possibles :**

- Naviguer dans les données historiques pour l'analyse de l'adhérence selon la journée (flèches sur les côtés du libellé pour les journées) ;
- Sélectionner ou désélectionner un indicateur pour le voir apparaître en temps réel dans la zone 5 (jeu visuel/opacité) ;
- Sélectionner l'icône + pour avoir accès à la liste des indicateurs que l'on peut ajouter (icônes).

**Justifications :**

Après avoir analysé le dossier patient et les KPI déterminants concernant l'état neurologique du patient, le clinicien dispose d'un premier aperçu global de la situation. Celui-ci lui permet de mieux comprendre les informations médicales présentées. L'objectif principal de cette section de l'interface est d'augmenter le niveau de CS concernant l'adhérence aux lignes directrices. Pour ce faire, les groupements d'information et les outils graphiques utilisés visent à offrir un aperçu rapide et intuitif de l'état de la situation du patient concernant le niveau d'adhérence. De plus, pour chaque indicateur, on retrouve la cible clinique spécifique associée. Par exemple, selon les lignes directrices, la PIC du patient devrait être inférieure à 20 mmHg. Donc, si l'adhérence est de 80 %, le patient dispose d'une PIC inférieure à 20 mmHg 80 % du temps. Ici, la proximité de l'information de la cible clinique (<20 mmHg) et du pourcentage de l'adhérence de l'indicateur (80 %) facilite la compréhension générale du principe et offre un rappel au clinicien, ce qui lui évite de devoir aller chercher l'information sur une source externe. Également, ceci augmente la CS en offrant une meilleure compréhension de l'état neurologique présenté dans le dossier patient par rapport au niveau d'adhérence des indicateurs. En vue d'intégrer la notion de temporalité et d'évolution dans l'analyse du pourcentage d'adhérence, le clinicien peut également observer les informations selon le nombre de jours passés à l'USIP. Sur cette interface, les zones d'adhérence aux lignes directrices (en haut) et les données en temps réel (en bas) sont liées, puisque les éléments de la zone des lignes directrices servent également d'outils de sélection pour accéder aux données en temps réels. Ceci permet à l'utilisateur de personnaliser son interface selon les besoins du patient et d'éviter la surcharge visuelle. À noter, lors de situations anormales, les indicateurs critiques ou hors normes sont présentés par défaut, c'est-à-dire que l'utilisateur n'a pas à les sélectionner au préalable pour les faire apparaître en temps réel. De plus, le groupement pour la surveillance de neuromonitorage est également présenté par défaut et en premier, comme il regroupe les indicateurs prioritaires du système étudié. Cet affichage par défaut permet d'éviter des actions inutiles sur l'interface par le clinicien et de mettre de l'avant les éléments à surveiller. Au niveau de la personnalisation, si nécessaire, l'utilisateur peut également ajouter des indicateurs pour les 3 derniers groupements (cibles cardio-respiratoires, monitoring de laboratoire et le support général). Cette fonction a été ajoutée en vue d'éviter la navigation dans divers onglets et permettre l'éventuel ajout d'indicateurs d'autres systèmes physiologiques. En parallèle à la barre de navigation par système, ceci permet au clinicien d'avoir une meilleure CS de l'état du patient,

comme il peut ajuster les KPI présentés en vue de mieux intégrer les données et le principe de l'interrelation. Ceci limite le risque d'erreur en ce qui concerne les facteurs confondants et augmente la sécurité des patients.

D'un point de vue ergonomique, la hiérarchisation et le groupement d'information permettent une lecture plus facile des données présentées. Les libellés et les groupements ont été créés pour et à partir des connaissances des utilisateurs en vue de permettre une lecture synthétique et efficace. L'ensemble des éléments graphiques des zones antérieures ont été repris pour créer une cohérence visuelle sur l'interface, puis un effort considérable a été mis pour offrir une lecture homogène de l'information sur l'ensemble de l'interface.

## 6.2.5 Données en temps réel

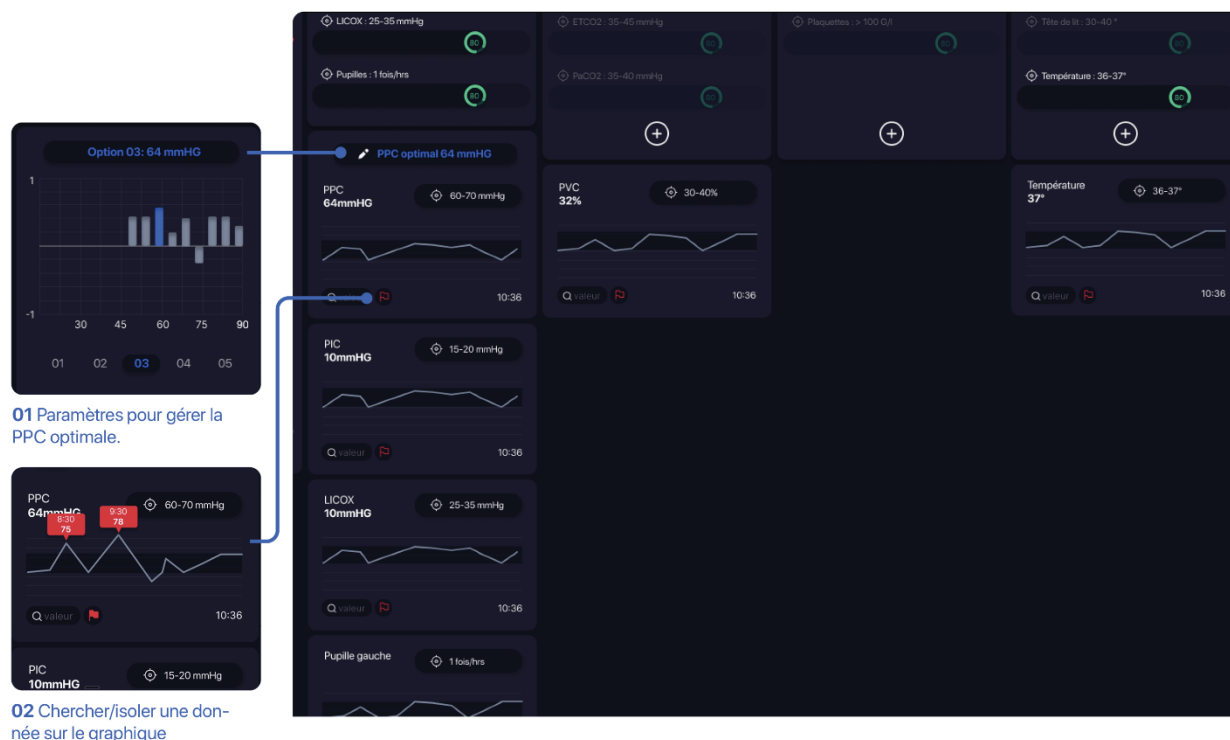


Figure 6.7 Aperçu des données en temps réel.

### Fonctions :

- Donner l'accès aux courbes de PPC optimale et permettre la personnalisation par le clinicien (ajustement parmi 5 choix possibles) ;

- Offrir la possibilité aux cliniciens de sélectionner les données qu'ils souhaitent voir apparaître dans cette zone ;
- Montrer par défaut les données de neuromonitorage ou critique en temps réel.
- Montrer la valeur clinique actuelle pour l'ensemble des indicateurs et fournir un outil graphique temporel pour son analyse ;
- Donner accès à des rappels des cibles cliniques concernant l'ensemble des indicateurs étudiés (icône en haut à droite dans la vignette de la donnée en temps réel) ;
- Permettre au clinicien d'isoler ou de chercher une donnée problématique (icônes de loupe et de drapeau dans la vignette de la donnée en temps réel) ;

#### **Interactions possibles :**

- Sélectionner un indicateur de l'affichage d'adhérence des lignes directrices pour le faire apparaître dans la section des données en temps réels (jeu graphique/opacité) ;
- Sélectionner l'icône de loupe ou de drapeau pour chercher ou isoler des données problématiques (icônes dans la vignette de la donnée en temps réel) ;
- Modifier/sélectionner l'une des options pour la PPC optimale (libellés et couleur) ;

#### **Justifications :**

Cette zone offre deux fonctions principales, soit la gestion de la PPC optimale, puis l'analyse des 15 indicateurs OptiBrain, comprenant des cibles cliniques et de monitorages. Conjointement aux données présentées dans la section d'adhérence aux lignes directrices, ceci permet au clinicien d'évaluer la valeur d'un indicateur à un moment donné et d'analyser son évolution dans le temps. Comme soulevé précédemment, seulement les indicateurs hors cibles ou concernant la surveillance de neuromonitorage sont présentés par défaut. Autrement, l'utilisateur peut venir sélectionner les indicateurs qu'il souhaite voir apparaître en fonction de ses besoins durant le processus de prise en charge. Ce niveau de personnalisation offre plus de contrôle et de liberté à l'utilisateur, et évite la surcharge visuelle, voire la conception de bruit en ce qui concerne la compréhension des informations présentées. Le graphique pour la PPC optimale est présenté par défaut dans le premier groupement d'indicateurs, puisqu'il s'agit d'une information prioritaire pour la prise de décision. Également, ce placement permet un groupement logique de l'information sur l'interface. Ici, pour

prévenir les erreurs, le clinicien dispose de 5 options principales en ce qui concerne cette donnée automatisée. Ainsi, en fonction de son analyse de l'ensemble de l'interface, il peut venir modifier sa PPC ciblée. De plus, il dispose de la liberté de cacher ou afficher le graphique de la PPC en vue de laisser plus ou moins de place pour la lecture des graphiques concernant les indicateurs en temps réel. Ensuite, pour chaque indicateur, on retrouve une vignette qui comprend : un libellé, la dernière valeur de l'indicateur, un rappel de la valeur clinique ciblée, une courbe sur un graphique x (temps) et y (la valeur), puis l'heure. En vue de simplifier et optimiser la lecture des graphiques, on retrouve une barre foncée qui sert de guide visuel pour la valeur clinique ou de monitoring ciblé. Ainsi, l'utilisateur peut voir en un seul coup d'œil si sa courbe sort des normes établies. De plus, sur le côté inférieur gauche, l'utilisateur dispose de deux outils pour effectuer des recherches plus fines sur l'indicateur étudié. Il peut soit chercher une donnée en entrant une heure, ou encore isoler des données problématiques en sélectionnant l'option drapeau. Ceci permet au clinicien d'isoler les situations problématiques en vue d'améliorer sa CS concernant l'évolution de l'état de l'enfant. Il devient alors plus facile de prendre des décisions, particulièrement en matière de gestion du plan de traitement.

Dans l'ensemble, les différents éléments graphiques, la hiérarchie visuelle et les groupements d'informations dans les diverses zones créent une interface cohérente, respectant le processus de tâche du clinicien et augmentent sa CS en lui permettant de constater en un seul d'œil l'état neurologique de l'enfant (stable, critique ou à surveiller). De plus, la personnalisation offre un contrôle et un niveau de flexibilité à l'utilisateur, ce qui évite les enjeux de surcharge visuelle et permet au clinicien de maximiser son attention sur les informations dont il a réellement besoin. Également, on y retrouve des rappels, ce qui permet d'éviter un temps de recherche sur des sources externes et offre une source d'aide au clinicien en cas d'oubli. Bref, nous considérons que cette interface utilisateur répond aux exigences établies par cette étude et permettra l'intégration de divers systèmes physiologiques. Il reste désormais à évaluer la solution proposée en contexte d'utilisation réel par l'entremise de tests UX et rendre le prototype fonctionnel.

## CHAPITRE 7 DISCUSSION

La discussion revient d'abord sur les principales contributions de ce mémoire et l'atteinte des objectifs de recherche. Puis, elle se poursuit avec les limites applicables à ce travail et se termine en présentant les prochains travaux de recherche à considérer.

### 7.1 Principales contributions du mémoire

Les séances de design collaboratif et le processus de conception itératif nous ont permis de remettre en question les différentes solutions proposées pour le SIADC du système OptiBrain. Le prototype d'interface utilisateur crée propose une synthèse pertinente des données générées par le système et une visualisation simplifiée des résultats. Précisément, ce SIADC a le potentiel d'offrir aux cliniciens une meilleure CS relativement à l'état neurologique du patient, puis de les soutenir dans leur prise de décision par l'entremise d'outils graphiques adaptés. Ceux-ci permettent entre autres d'estimer la trajectoire de l'évolution de l'enfant et offrent une meilleure vue d'ensemble de la situation en intégrant :

- La notion d'interaction des systèmes et des facteurs confondants ;
- La centralisation et la hiérarchisation des données critiques ;
- La notion de temporalité pour l'analyse des données ;
- La notion d'interprétation et d'analyse automatisée ;
- L'accès rapide à l'imagerie ;
- La notion de personnalisation de l'interface utilisateur ;
- L'accès à des ressources d'aide (ex. : accès à des rappels des lignes directrices et des cibles).

Pour parvenir à un tel résultat, nous avons mis de l'avant un cadre de travail itératif basé sur la CCU, en vue de limiter les enjeux d'utilisabilité de l'interface proposée. Comme démontré dans la revue systématique concernant l'affichage d'informations sur l'USIP (M. C. Wright et al., 2019), ceci nous a permis de proposer une solution qui améliore la CS et simplifie la prise de décision, tout en mettant de l'avant les exigences des utilisateurs et de leurs environnements. Conjointement, lors du développement de l'interface, nous avons suivi une démarche de conception participative semblable à celle adoptée par Flohr (2018) pour la conception du SIADC VITAL PAD. Le but de

ce projet était de concevoir une application qui permet de centraliser les données médicales, d'optimiser la communication d'équipe et de réduire la charge de travail des cliniciens. Dans cette étude, les exigences de conception ont également été extraites lors de journées d'observation et d'entretiens avec l'équipe médicale. De plus, l'utilisation du prototypage rapide a permis de valider les idées auprès des utilisateurs finaux. Dans notre projet, nous avons également pris la décision d'engager l'équipe médicale tout au long du processus de recherche et de conception, pour assurer un outil sécuritaire, efficace et adapté à leurs besoins. Ainsi, cette approche participative et itérative nous a permis de nous démarquer par rapport aux SIADC présentés dans la taxonomie par Wright (2011) et ce comme nous avons mis de l'avant le développement de l'interface utilisateur dans notre projet de recherche. À cet effet, la revue de la littérature démontre que le développement des interfaces utilisateurs en santé demeure secondaire et rudimentaire, car l'attention est souvent mise sur le développement des bases de connaissances et des algorithmes (Lehmann et al., 2004 ; Vardell & Moore., 2011). Pour notre part, le développement de l'infrastructure d'OptiBrain en amont nous a permis de favoriser le développement de l'interface utilisateur en aval et ce tout en proposant des méthodes et des standards pour la conception d'un tel système.

Également, bien que le mandat visait l'élaboration d'une interface utilisateur pour le système OptiBrain et l'analyse de diverses fonctions neurologiques, la solution a également été réfléchi en vue de permettre l'intégration d'autres systèmes physiologiques. Ainsi, la conception de cette première version de l'interface utilisateur a le potentiel de guider la conception de l'interface utilisateur de d'autres SIADC grâce aux recommandations et critères de design émis. De plus, la flexibilité offerte par cette solution permettra à l'équipe de recherche du CHUSJ d'implémenter les prochains modules d'aide au diagnostic en cours de développement (pulmonaire, cardiaque, etc.).

Bref, ce projet de recherche a permis de développer une interface utilisateur d'aide à la décision pour la prise en charge des TCCG, soit l'une des premières interfaces utilisateur spécifiques à la gestion personnalisée de cette condition. De plus, actuellement, comme le souligne Savoy (2021), les interfaces offertes en santé ne répondent pas aux besoins et aux modèles mentaux de ses opérateurs, ce qui limite grandement leur taux d'adoption et d'implémentation en milieu clinique. (Flohr et al., 2018). Ainsi, notre équipe estime que le prototype d'interface retenue offre un niveau d'UX et d'utilisabilité plus élevé par rapport à ce qui est accessible en santé, car l'application du cadre méthodologique de la CCU et la réalisation des ateliers de conception augmentent le potentiel en ce qui a trait à la réduction de ses enjeux. Bien évidemment, des tests utilisateurs seront

nécessaires pour appuyer cette contribution. À cet effet, si l'implémentation de l'interface utilisateur s'avère fructueuse, ce projet pourrait réduire considérablement le risque d'erreur humaine, la charge de travail et augmenter la sécurité des patients sur l'USIP. Enfin, nous considérons que ce projet pourra également servir de modèle en ce qui concerne les méthodes de communication pour les SIADC en santé, comme il n'existe aucun standard universel établi actuellement (Sutton et al., 2020). Ce travail et le processus de conception proposé pourraient d'ailleurs influencer d'autres secteurs soumis à des pressions temporelles fortes et où le coût de l'erreur humaine est élevé (ex. : militaire ou aviation) en ce qui a trait au développement d'interface pour la prise de décision.

## **7.2 Retour sur les objectifs de recherche**

Le but principal de ce mémoire de recherche était de développer un outil de visualisation à travers une interface utilisateur graphique pour le système OptiBrain, afin d'aider la prise en charge des TCCG chez l'enfant et de prévenir l'apparition de lésions secondaires. Pour répondre à ce mandat principal, des objectifs spécifiques ont été déterminés pour chaque phase du projet, soit la phase d'exploration, d'analyse et de génération.

En premier, grâce aux entretiens semi-dirigés et à l'enquête contextuelle menée lors de la phase d'exploration et de l'étude effectuée durant la phase d'analyse, nous sommes parvenus à déterminer les besoins des usagers ciblés et les étapes du processus du diagnostic des TCCG chez l'enfant. Parallèlement, nous avons été en mesure d'étudier l'environnement de l'USIP et le processus de prise en charge d'un patient dans son contexte actuel. Ces premières phases de la recherche nous ont permis de vulgariser, classifier et prioriser les données analytiques et les indicateurs de performances (KPI) à partir de l'infrastructure informatique d'OptiBrain et de l'algorithme développé. Ainsi, nous sommes parvenus à répondre à l'ensemble des objectifs spécifiques à ces phases, qui ont d'ailleurs permis de guider la conception de solution lors de la phase de génération.

En second, par l'entremise des dix séances de design collaboratif lors du processus de conception, nous sommes parvenus à créer différentes alternatives d'interface utilisateur. Ceci a permis de faciliter la communication pour permettre la génération d'idées durant les échanges et d'ainsi faire évoluer la solution tout au long de la phase de génération. Ceci a permis le développement d'une

première solution d'interface utilisateur pour le système OptiBrain et de répondre aux objectifs spécifiques à cette phase.

Dans l'ensemble, grâce à l'application itérative du cadre de travail de la CCU tout au long du projet, nous considérons que la solution développée dans ce mémoire répond aux besoins des utilisateurs ciblés par l'étude et s'intègre adéquatement dans son contexte d'utilisation. Ainsi, l'interface utilisateur a le potentiel d'offrir un niveau d'UX et d'utilisabilité optimisé, car elle vise une intégration dans le flux de travail des cliniciens, tente de répondre aux besoins des utilisateurs finaux lors de la prise de décision clinique et optimise l'intégration du système OptiBrain. Comme mentionné précédemment, ce processus n'a pas été linéaire, en ce sens où des retours en arrière ont parfois été nécessaires entre les phases déterminantes du projet (explorations, analyses et générations). Ceci a permis d'effectuer les ajustements nécessaires à la solution proposée, tout en favorisant un processus de conception participatif et itératif.

### **7.3 Les limites et contraintes**

En rétrospective, nous aimerions soulever une contrainte qui a impacté ce projet de recherche. En effet, les réponses concernant les demandes d'approbation éthique ont été obtenues tardivement, soit quelques mois après le dépôt des documents officiels. Cette contrainte de temps a eu des impacts considérables concernant la complétion des différentes activités de recherche, dont les entretiens semi-dirigés, les enquêtes contextuelles, et les activités d'évaluation.

De même, ce travail fait l'objet de cinq principales limites, soit la diversité des participants, l'absence d'activités d'évaluation, l'absence de journées d'observation avec un patient atteint de TCCG, l'aspect non fonctionnel du prototype et la complétion des activités de recherche sur l'USIP d'un seul hôpital.

Premièrement, le profil des participants qui ont pris part à nos activités n'était pas aussi diversifié que souhaité. Initialement, nous visions le recrutement de 12 participants, dont 5 médecins, 5 infirmières et 2 « fellows ». Toutefois, en raison de la charge de travail des employés de l'USIP et des contraintes temporelles, nous sommes parvenus à un échantillon total de 10 participants, dont 7 médecins, 2 infirmières et 1 « fellow ». Ceci nous a permis d'obtenir des résultats pertinents pour l'analyse et la conception de solutions, mais l'échantillon n'était pas représentatif de l'ensemble des parties prenantes de l'USIP du CHUSJ. Dans le cas échéant, un nombre plus

homogène de participants par profil (médecin, infirmière et « fellow ») aurait permis d'obtenir des résultats spécifiques à ces rôles lors de l'analyse des modèles comportementaux (Goodwin, 2009) et d'avoir un meilleur étendu de profils possibles pour les personas. Pour limiter ces enjeux, lors des prochaines étapes de ce projet, il serait pertinent de valider la solution proposée aux différents profils d'utilisateur, afin d'assurer son utilisabilité et son UX auprès d'individus aux expertises variables.

Deuxièmement, durant les enquêtes contextuelles sur l'USIP du CHUSJ, aucun patient n'a été admis pour un TCCG. Il a donc été nécessaire de se baser sur la revue de la littérature et les résultats obtenus durant les entretiens semi-dirigés pour décortiquer les différentes tâches relatives à la prise en charge d'un tel patient. Ainsi, la collecte de données n'a pas été totalement réaliste, car la distinction entre ce qui est à faire (tâche) et ce qui est réellement fait par le sujet (activité) pour la prise en charge des TCCG n'a pas été étudiée en contexte naturel. Cependant, durant les visites, nous avons été jumelés avec des cas complexes, dont le niveau de monitoring était élevé. L'objectif était de limiter les contraintes relatives à cette activité de recherche et d'obtenir des données semblables à la prise en charge d'un patient atteint d'un TCCG.

Troisièmement, il n'a pas été possible d'évaluer la solution retenue en contexte d'utilisation clinique. Néanmoins, les séances de design ont permis de réduire cette limite, car elles ont permis d'émettre les correctifs nécessaires auprès des utilisateurs finaux tout au long du projet. Il demeure important de souligner que le bassin de participants pour cette étude était limité et que plusieurs ont participé à l'ensemble des activités de recherche.

Quatrièmement, ce projet a permis de créer un prototype d'interface utilisateur interactif non fonctionnel. Ainsi, pour permettre la réalisation des tests UX en contexte clinique et d'assurer l'adoption du système, il sera nécessaire d'effectuer un travail de programmation en vue d'intégrer des données réelles d'un patient admis sur l'USIP.

Cinquièmement, l'ensemble des activités de recherche se sont déroulées sur l'USIP d'un seul hôpital, soit le CHUSJ. En vue de valider et d'assurer la viabilité de la solution proposée, il serait pertinent de considérer la généralisation des résultats à d'autres milieux hospitaliers.

## 7.4 Les perspectives de recherche

Les prochaines étapes de ce projet ont déjà été planifiées par l'équipe de recherche et impliquent notamment la réalisation des sondages de satisfaction et des tests UX en contexte clinique. Ceci permettra d'effectuer les correctifs nécessaires avant la programmation du prototype fonctionnel et la première implémentation clinique du projet. Lors de ces tests, il sera important d'avoir un échantillon de participants dont le niveau d'expérience varie en matière de prise en charge de TCCG.

Éventuellement, ce projet de recherche permettra également le suivi de l'ensemble des patients de l'USIP concernant plusieurs systèmes physiologiques. À cet effet, notre équipe de recherche travaille actuellement avec l'ÉTS pour développer un prototype de cette interface utilisateur. Celle-ci comprend 3 niveaux d'informations : une vue d'ensemble de l'unité, une vue d'ensemble du patient, puis l'analyse spécifique d'un système physiologique. L'interface développée dans le cadre de ce mémoire s'inscrit donc dans le troisième niveau et servira de modèle pour l'intégration des SIADC à venir.

En plus des recommandations et des critères émis en matière de conception d'interface utilisateur pour un SIADC en santé, ce projet de recherche nous a permis de faire d'autres observations concernant des enjeux sur l'USIP. Éventuellement, il pourrait être pertinent de se pencher sur celles-ci en vue de développer des solutions adéquates. Voici quelques observations actionnables et les recommandations associées.

1. **Enjeux concernant le stress et la communication avec les parents :** Durant les tournées médicales, les parents sont anxieux et les termes médicaux sont parfois difficiles à comprendre. De plus, il est souvent ardu pour eux d'organiser leur journée en raison des imprévus sur l'USIP. Dès lors, il pourrait être intéressant d'adapter l'interface utilisateur proposée pour soutenir les parents en vulgarisant et simplifiant l'information présentée. Il pourrait aussi être pertinent de permettre aux parents de suivre en temps réel les tournées médicales, de les alerter en cas d'urgence, et d'avoir accès à une vidéo en temps réel de l'enfant dans sa chambre. Cette application pourrait potentiellement leur permettre de mieux organiser leur journée, de quitter l'hôpital sans crainte, de leur donner un plus grand contrôle sur la situation et de réduire la charge induite par le stress. Parallèlement, ceci

permettrait à l'équipe médicale de gagner du temps dans leur journée, comme les parents seraient soutenus de manière continue par l'application.

2. **Enjeux de communication entre les différentes parties prenantes** : Lors des tournées médicales ou des échanges sur l'USIP, on constate certains écarts de communications et les termes utilisés peuvent varier en fonction de l'expertise de l'employé (ex. : médecin vs infirmière). Ainsi, il pourrait être intéressant d'adapter l'interface en fonction du niveau d'expertise et d'uniformiser les termes employés pour assurer une bonne CS d'équipe durant les tournées médicales. Ceci permettrait d'augmenter l'autonomie des différentes parties prenantes et d'optimiser la communication.
3. **Dualité entre le numérique et les notes manuscrites** : Actuellement, les enjeux d'interopérabilité entre les systèmes informatiques, puis la dualité entre les notes numériques et manuscrites demeurent un enjeu considérable. Il sera important de se questionner sur cet enjeu pour assurer une implémentation optimale de l'interface utilisateur dans le flux de travail des cliniciens.
4. **Enjeux de compréhension des TCCG par l'équipe médicale** : Lors de la prise en charge de TCCG, on constate un certain stress pour l'ensemble de l'équipe médicale, puisqu'il s'agit de cas plus complexe. Sur l'interface ou encore à l'hôpital, il pourrait être intéressant d'ajouter des formations pour permettre à l'équipe de rester à jour sur ce type d'intervention. Ceci permettrait de faciliter la prise en charge de ce type de patient, peu importe le niveau d'expertise de l'employé.

## CHAPITRE 8 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Dans ce mémoire, nous avons d'abord présenté une revue critique de la littérature mettant en relief les enjeux relatifs aux TCCG à l'USIP, les facteurs en matière de prise de décision, puis les SIADC spécifiques au secteur de la santé. Cette étude a relevé les besoins en matière de SIADC pour la prise de décision clinique complexe dans des environnements stressants, puis les lacunes d'utilisabilité et d'accessibilité des interfaces utilisateurs. En fonction de ces constatations, nous sommes parvenus à déterminer les questions de recherche et l'objectif, soit de concevoir une interface utilisateur graphique pour le système OptiBrain, afin d'aider la prise en charge des TCCG chez l'enfant et de prévenir l'apparition de lésions secondaires. En appliquant le cadre de travail de la CCU tout au long du projet, nous sommes arrivés à répondre à l'ensemble des sous-objectifs des phases d'exploration, d'analyse et de génération.

Dans l'ensemble, ce projet a permis l'élaboration d'une interface utilisateur non fonctionnelle pour le système OptiBrain, soit l'une des premières interfaces utilisateur spécifiques à la gestion personnalisée des TCCG (Flohr et al., 2018). Nous estimons que celle-ci permettra de faciliter la prise en charge de cette condition en vue de réduire le risque d'erreur humaine et d'augmenter la CS des cliniciens. En vue d'assurer son implémentation au sein de l'USIP, il sera important de compléter la phase d'évaluation en vue de valider le niveau d'utilisabilité et d'UX de l'interface proposée. Autrement, comme constaté par la revue de la littérature, ceci pourrait causer des enjeux notables de sécurité, augmenter la charge de travail des cliniciens et invariablement impacter l'adoption de l'interface au sein de l'équipe. En plus de répondre à l'objectif principal de l'étude, ce projet de maîtrise pourra également faire avancer les connaissances des SIADC en santé, en proposant un modèle d'interface utilisateur, des recommandations et des critères de design concrets et applicables au développement de d'autres SIADC. À cet effet, l'interface conçue cadre avec la vision à long terme de l'équipe de recherche du CHUSJ, car elle pourra servir à l'implémentation des prochains modules d'aide au diagnostic concernant d'autres systèmes. L'équipe de recherche estime d'ailleurs que le processus de conception proposé pourrait exercer une influence dans d'autres domaines d'applications où le coût de l'erreur et les contraintes de temps lors de la prise de décision sont également un enjeu. On peut notamment penser au développement d'interface pour le secteur militaire ou encore de l'aviation.

## RÉFÉRENCES

- Agrawal, S. (2016). Neuroprotective measures in children with traumatic brain injury. *World Journal of Critical Care Medicine*, 5(1), 36. <https://doi.org/10.5492/wjccm.v5.i1.36>
- Anderson, V., Godfrey, C., Rosenfeld, J. V., & Catroppa, C. (2012). Predictors of Cognitive Function and Recovery 10 Years After Traumatic Brain Injury in Young Children. *Pediatrics*, 129(2), e254-e261. <https://doi.org/10.1542/peds.2011-0311>
- Araki, T., Yokota, H., & Morita, A. (2017). Pediatric Traumatic Brain Injury : Characteristic Features, Diagnosis, and Management. *Neurologia Medico-Chirurgica*, 57(2), 82-93. <https://doi.org/10.2176/nmc.ra.2016-0191>
- Ballard, D. W., Kuppermann, N., Vinson, D. R., Tham, E., Hoffman, J. M., Swietlik, M., Deakyne Davies, S. J., Alessandrini, E. A., Tzimenatos, L., Bajaj, L., Mark, D. G., Offerman, S. R., Chettipally, U. K., Paterno, M. D., Schaeffer, M. H., Richards, R., Casper, T. C., Goldberg, H. S., Grundmeier, R. W., & Dayan, P. S. (2019). Implementation of a Clinical Decision Support System for Children With Minor Blunt Head Trauma Who Are at Nonnegligible Risk for Traumatic Brain Injuries. *Annals of Emergency Medicine*, 73(5), 440-451. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2018.11.011>
- Barth, J. H., Misra, S., Aakre, K. M., Langlois, M. R., Watine, J., Twomey, P. J., & Oosterhuis, W. P. (2016). Why are clinical practice guidelines not followed? *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*. <https://doi.org/10.1515/cclm-2015-0871>
- Bastien, J. M. C. (2010). Usability testing : A review of some methodological and technical aspects of the method. *International Journal of Medical Informatics*, 79(4). <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2008.12.004>

- Bennett, T. D., Dixon, R. R., Kartchner, C., DeWitt, P. E., Sierra, Y., Ladell, D., Kempe, A., Runyan, D. K., Dean, J. M., & Keenan, H. T. (2016). Functional Status Scale in Children With Traumatic Brain Injury: A Prospective Cohort Study. *Pediatric Critical Care Medicine, 17*(12), 1147-1156. <https://doi.org/10.1097/PCC.0000000000000934>
- Bornet, C., & Brangier, É. (2013). La méthode des personas : Principes, intérêts et limites: *Bulletin de psychologie, Numéro 524*(2), 115-134. <https://doi.org/10.3917/bupsy.524.0115>
- Boudreault, L., Hebert-Lavoie, M., Ung, K., Mahmoudhi, C., Vu, Q. P., Jovet, P., & Doyon-Poulin, P. (2023). Situation Awareness-Oriented Dashboard in ICUs in Support of Resource Management in Time of Pandemics. *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine, 11*. <https://doi.org/10.1109/JTEHM.2023.3241215>
- Bouget, J., Carpentier, F., comité de pilotage, Dejoux, C., Grasleguen, C., Honnart, D., Jehlé, E., & Santias, C. (2012). Traumatisme crânien léger (score de Glasgow de 13 à 15) : Triage, évaluation, examens complémentaires et prise en charge précoce chez le nouveau-né, l'enfant et l'adulte: Société française de médecine d'urgence. *Annales françaises de médecine d'urgence, 2*(3), 199-214. <https://doi.org/10.1007/s13341-012-0202-4>
- Boy, G. A. (2022). Conscience de la situation. *Entrée du DictionnaireEncyclopédiquedel'Ergonomie, hal-03542517*.
- Brangier, É., & Valléry, G. (2021). Conscience de la situation. *Univers Psy, 196-199*.
- Brolliar, S. M., Moore, M., Thompson, H. J., Whiteside, L. K., Mink, R. B., Wainwright, M. S., Groner, J. I., Bell, M. J., Giza, C. C., Zatzick, D. F., Ellenbogen, R. G., Ng Boyle, L., Mitchell, P. H., Rivara, F. P., & Vavilala, M. S. (2016). A Qualitative Study Exploring Factors Associated with Provider Adherence to Severe Pediatric Traumatic Brain Injury Guidelines. *Journal of Neurotrauma, 33*(16), 1554-1560. <https://doi.org/10.1089/neu.2015.4183>

- Carney, N., Totten, A. M., O'Reilly, C., Ullman, J. S., Hawryluk, G. W. J., Bell, M. J., Bratton, S. L., Chesnut, R., Harris, O. A., Kisson, N., Rubiano, A. M., Shutter, L., Tasker, R. C., Vavilala, M. S., Wilberger, J., Wright, D. W., & Ghajar, J. (2016). *Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury*.
- Emeriaud, G. (2020). *Développement d'un Indicateur temps réel de la QUALITÉ de la prise en charge des TRAumatismes Crânio-cérébraux sévères de l'Enfant. Projet iQUATRACE* [Demande de soumission].
- Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *HUMAN FACTORS*, 9-42.
- Fartoumi, S., Emeriaud, G., Roumeliotis, N., Brossier, D., & Sawan, M. (2015). Computerized Decision Support System for Traumatic Brain Injury Management. *Journal of Pediatric Intensive Care*, 05(03), 101-107. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1569997>
- Farzaneh, N., Williamson, C. A., Gryak, J., & Najarian, K. (2021). A hierarchical expert-guided machine learning framework for clinical decision support systems: An application to traumatic brain injury prognostication. *Npj Digital Medicine*, 4(1), 78. <https://doi.org/10.1038/s41746-021-00445-0>
- Fathi, M., Moghaddam, N. M., Balaye Jame, S. Z., Darvishi, M., & Mortazavi, M. (2022). The association of Glasgow Coma Scale score with characteristics of patients admitted to the intensive care unit. *Informatics in Medicine Unlocked*, 29. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2022.100904>
- Flin, R., Winter, J., Sarac, C., & Raduma, M. (2009). *Human Factors in Patient Safety: Review of Topics and Tools*.
- Flohr, L., Beaudry, S., Johnson, K. T., West, N., Burns, C. M., Ansermino, J. M., Dumont, G. A., Wensley, D., Skippen, P., & Gorges, M. (2018). Clinician-Driven Design of VitalPAD-An

- Intelligent Monitoring and Communication Device to Improve Patient Safety in the Intensive Care Unit. *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, 6. <https://doi.org/10.1109/JTEHM.2018.2812162>
- Flower, O., & Hellings, S. (2012). Sedation in Traumatic Brain Injury. *Emergency Medicine International*, 2012, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2012/637171>
- Gauvin, F., Humbert, N., Marzouki, M., Daoust, L., Girard, M.-A., Villeneuve, É., & Vinay, P. (2016). Sédation palliative en pédiatrie : Lignes de conduite de l'unité de consultation en soins palliatifs du CHU Sainte-Justine. *Médecine Palliative : Soins de Support - Accompagnement - Éthique*, 15(1), 40-50. <https://doi.org/10.1016/j.medpal.2015.08.008>
- Geeraerts, T., Velly, L., Abdennour, L., Asehnoune, K., Audibert, G., Bouzat, P., Bruder, N., Carrillon, R., Cottenceau, V., Cotton, F., Courtil-Teyssedre, S., Dahyot-Fizelier, C., Dailler, F., David, J.-S., Engrand, N., Fletcher, D., Francony, G., Gergelé, L., Ichai, C., ... Payen, J.-F. (2016). Prise en charge des traumatisés crâniens graves à la phase précoce (24 premières heures). *Anesthésie & Réanimation*, 2(6), 431-453. <https://doi.org/10.1016/j.anrea.2016.09.007>
- Goodwin, K. (2009). *Designing for the digital age : How to create human-centered products and services*. Wiley Pub.
- Green, B., Parry, D., Oeppen, R., Plint, S., Dale, T., & Brennan, P. (2017). Situational awareness—What it means for clinicians, its recognition and importance in patient safety. *Oral Diseases*, 23(6), 721-725. <https://doi.org/10.1111/odi.12547>
- Grissinger, M. (2009). *An Exhausted Workforce Increases the Risk of Errors* (MEDICATION ERRORS Vol. 34 No. 3). SMP Medication Errors Reporting Program (MERP).

- Haddad, S. H., & Arabi, Y. M. (2012). Critical care management of severe traumatic brain injury in adults. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, 20(1).  
<https://doi.org/10.1186/1757-7241-20-12>
- Hébert-Lavoie, M., Ung, K., Boudreault, L., Mahmoudi, C., Vu, Q., Jovet, P., & Doyon-Poulin, P. (2021). Remote Design of a Pediatric Intensive Care Unit Dashboard in Time of Pandemics. Dans N. L. Black, W. P. Neumann, & I. Noy (Éds.), *Proceedings of the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021)*.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-030-74611-7\\_45](https://doi.org/10.1007/978-3-030-74611-7_45)
- Henderson, E. J., & Rubin, G. P. (2013). The utility of an online diagnostic decision support system (Isabel) in general practice: A process evaluation. *JRSM Short Reports*, 4(5), 1-11.  
<https://doi.org/10.1177/2042533313476691>
- Hounnou, K. A. (2018). *L'expérience utilisateur (UX) des sites Web par le design émotionnel* [Essai]. Université de Sherbrooke.
- ISO. (2019). *ISO 9241-210:2019 Ergonomics of human-system interaction-Part 210: Human-centred design for interactive systems*. <https://www.iso.org/standard/77520.html>
- Jankovic, I., & Chen, J. H. (2020). Clinical Decision Support and Implications for the Clinician Burnout Crisis. *Yearbook of Medical Informatics*, 29(01), 145-154.  
<https://doi.org/10.1055/s-0040-1701986>
- Jiang, Y., Qiu, B., Xu, C., & Li, C. (2017). The Research of Clinical Decision Support System Based on Three-Layer Knowledge Base Model. *Journal of Healthcare Engineering*, 2017, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2017/6535286>
- Jung, S. Y., Hwang, H., Lee, K., Lee, H.-Y., Kim, E., Kim, M., & Cho, I. Y. (2020). Barriers and Facilitators to Implementation of Medication Decision Support Systems in Electronic

- Medical Records : Mixed Methods Approach Based on Structural Equation Modeling and Qualitative Analysis. *JMIR Medical Informatics*, 8. <https://doi.org/10.2196/18758>
- Kaempf, G. L., Klein, G., Thordsen, M. L., & Wolf, S. (1996). Decision Making in Complex Naval Command-and-Control Environments. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 38(2), 220-231. <https://doi.org/10.1518/001872096779047986>
- Kashef, Z. (2017, mai 22). *Can better tech improve doctor-patient conversations? A case study with CAT scans in the ER*. YaleNews. <https://news.yale.edu/2017/05/22/can-better-tech-improve-doctor-patient-conversations-case-study-cat-scans-er>
- Kawamoto, K., Houlihan, C. A., Balas, E. A., & Lobach, D. F. (2005a). Improving clinical practice using clinical decision support systems : A systematic review of trials to identify features critical to success. *BMJ*. <https://doi.org/10.1136/bmj.38398.500764.8F>
- Kawamoto, K., Houlihan, C. A., Balas, E. A., & Lobach, D. F. (2005b). Improving clinical practice using clinical decision support systems : A systematic review of trials to identify features critical to success. *BMJ*. <https://doi.org/10.1136/bmj.38398.500764.8F>
- Kochanek, P. M., Tasker, R. C., Carney, N., Totten, A. M., Adelson, P. D., Selden, N. R., Davis-O'Reilly, C., Hart, E. L., Bell, M. J., Bratton, S. L., Grant, G. A., Kisson, N., Reuter-Rice, K. E., Vavilala, M. S., & Wainwright, M. S. (2019). Guidelines for the Management of Pediatric Severe Traumatic Brain Injury, Third Edition : Update of the Brain Trauma Foundation Guidelines. *Pediatric Critical Care Medicine*, 20. <https://doi.org/10.1097/PCC.0000000000001735>
- Kohar Jones & Gail Patrick. (2010). When is it safe to forego a CT in kids with head trauma ? New clinical prediction rules make it easier to identify children at low risk of serious brain injury—And reduce the reliance on CT scanning. *THE JOURNAL OF FAMILY PRACTICE*.

- Kooper, C. C., Oosterlaan, J., Bruining, H., Engelen, M., Pouwels, P. J. W., Popma, A., van Woensel, J. B. M., Buis, D. R., Steenweg, M. E., Hunfeld, M., & Königs, M. (2022). Towards PErsonalised PRognosis for children with traumatic brain injury : The PEPR study protocol. *BMJ Open*, *12*(6). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-058975>
- Kumar, R., & Paiva, S. (Éds.). (2021). *Applications in Ubiquitous Computing*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-35280-6>
- Lallemand, C., Gronier, G., & Dugué, M. (2018). *Méthodes de design UX : 30 méthodes fondamentales pour concevoir des expériences optimales* (2e éd). Eyrolles.
- Lehmann, C. U., RPh, K. G. C., & Cox, J. M. (2004). Provider Error Prevention : Online Total Parenteral Nutrition Calculator. 'Division of Neonatology, Department of Pediatrics and Division of Biomedical Information Sciences, Johns Hopkins University, Baltimore, MD; 2Divisions of Pediatric Pharmacy & Gastroenterology/Nutrition and 3Division of Pediatric Gastroenterology/Nutrition, Johns Hopkins Hospital, Baltimore, MD.
- Levin, M. A., Krol, M., Doshi, A. M., & Reich, D. L. (2007). Extraction and Mapping of Drug Names from Free Text to a Standardized Nomenclature. *Department of Anesthesiology, Mount Sinai School of Medicine*.
- London, S. (1998). DXplain <sup>TM</sup> : A Web-Based Diagnostic Decision Support System for Medical Students. *Medical Reference Services Quarterly*, *17*(2), 17-28. [https://doi.org/10.1300/J115v17n02\\_02](https://doi.org/10.1300/J115v17n02_02)
- Mahlke, S. (2008). *User Experience of Interaction with Technical Systems* [Mémoire]. Université technique de Berlin.
- Mahmoudi, C. (2020). *Approche globale de l'affectation des patients dans une unité de soins intensifs pédiatriques* [Mémoire]. Polytechnique de Montréal.

- Mao, G. M. (2021). *Lésion cérébrale traumatique*. <https://www.merckmanuals.com/fr-ca/professional/blessures-empoisonnement/lésion-cérébrale-traumatique/lésion-cérébrale-traumatique#>
- Masson, G. (2021). *Développement d'un indicateur de la QUALité de la prise en charge des TRAumatismes Crânio-cérébraux sévère de l'Enfant : Projet iQUATRACE – (Étude de faisabilité)* [Thèse]. Université de Lille.
- Mathieu, A. (2020). *Processus de validation d'une base de données haute résolution dans une unité de soins intensifs pédiatriques* [Mémoire]. Université de Montréal.
- Milette, I., Martel, M.-J., Ribeiro da Silva, M., & Coughlin McNeil, M. (2017). Guidelines for the Institutional Implementation of Developmental Neuroprotective Care in the Neonatal Intensive Care Unit. Part A : Background and Rationale. A Joint Position Statement From the CANN, CAPWHN, NANN, and COINN. *Canadian Journal of Nursing Research*, 49(2), 46-62. <https://doi.org/10.1177/0844562117706882>
- Moreau, J. F., Fink, E. L., Hartman, M. E., Angus, D. C., Bell, M. J., Linde-Zwirble, W. T., & Watson, R. S. (2013). Hospitalizations of Children With Neurologic Disorders in the United States: *Pediatric Critical Care Medicine*, 14(8), 801-810. <https://doi.org/10.1097/PCC.0b013e31828aa71f>
- National Cancer Institute. (2022). *Radiation Risks and Pediatric Computed Tomography—NCI* (nciglobal,ncienterprise) [CgvArticle]. <https://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/risk/radiation/pediatric-ct-scans>
- Nielsen Norman Group. (2016). *Field Studies*. Nielsen Norman Group. <https://www.nngroup.com/articles/field-studies/>
- Oberholzer, M., & Müri, R. M. (2019). Neurorehabilitation of Traumatic Brain Injury (TBI) : A Clinical Review. *Medical Sciences*, 7(3), 47. <https://doi.org/10.3390/medsci7030047>

- Ometov, A., Shubina, V., Klus, L., Skibińska, J., Saafi, S., Pascacio, P., Flueratoru, L., Gaibor, D. Q., Chukhno, N., Chukhno, O., Ali, A., Channa, A., Svertoka, E., Qaim, W. B., Casanova-Marqués, R., Holcer, S., Torres-Sospedra, J., Casteleyn, S., Ruggeri, G., ... Lohan, E. S. (2021). A Survey on Wearable Technology: History, State-of-the-Art and Current Challenges. *Computer Networks*. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2021.108074>
- Omics. (2021, août 12). Introduction to Clinical decision support system (CDSS). *Omics Tutorials*. <https://omicstutorials.com/introduction-to-clinical-decision-support-system-cdss/>
- Orliaguet, G. A., Meyer, P. G., & Bagnon, T. (2008). Management of critically ill children with traumatic brain injury. *Pediatric Anesthesia*, *18*(6), 455-461. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9592.2008.02507.x>
- Parush, A., Campbell, C., Hunter, A., Ma, C., Calder, L., Worthington, J., Abbott, C., Frank, J. R., Sampson, M., Masterson, H., Cormier, J., & Jemmett, W. (2011). *Situational Awareness and Patient Safety*. The Royal College of Physicians and Surgeons of Canada.
- Pascal, A., & Rouby, E. (2010). *Construire des scénarios d'usage: Une approche cognitivo-structurionniste—Le cas KMP -*.
- Peiris, D. P., Joshi, R., Webster, R. J., Groenestein, P., Usherwood, T. P., Heeley, E., Turnbull, F. M., Lipman, A., & Patel, A. A. (2009). An Electronic Clinical Decision Support Tool to Assist Primary Care Providers in Cardiovascular Disease Risk Management: Development and Mixed Methods Evaluation. *Journal of Medical Internet Research*, *11*(4). <https://doi.org/10.2196/jmir.1258>
- Pilar, M. R., Proctor, E. K., & Pineda, J. A. (2020). Development, implementation, and evaluation of a novel guideline engine for pediatric patients with severe traumatic brain injury: A study protocol. *Implementation Science Communications*, *1*(1). <https://doi.org/10.1186/s43058-020-00012-w>

- Roham, M., R. Gabrielyan, A., & Archer, N. (2021). *A Systematic Review of Knowledge Visualization Approaches Using Big Data Methodology for Clinical Decision Support* (K. Sartipi & T. Edoh, Éds.). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.90266>
- Roumeliotis, N., Parisien, G., Charette, S., Arpin, E., Brunet, F., & Jouvét, P. (2018, avril). *Reorganizing Care With the Implementation of Electronic Medical Records : A Time-Motion Study in the PICU*. <https://www.ingentaconnect.com/content/wk/pcc/2018/00000019/00000004/art00001>
- Rush, J., Postelnick, M., & Schulz, L. (2015). Use of Electronic Health Record Clinical Decision Support Tools in Antimicrobial Stewardship Activities. *Current Treatment Options in Infectious Diseases*, 7(2), 90-100. <https://doi.org/10.1007/s40506-015-0042-8>
- Savoy, A., Patel, H., Murphy, D. R., Meyer, A. N. D., Herout, J., & Singh, H. (2021). Electronic Health Records' Support for Primary Care Physicians' Situation Awareness : A Metanarrative Review. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. <https://doi.org/10.1177/00187208211014300>
- Sebillotte, S. (1994). *Methodologie pratique d'analyse de la tache en vue de l'extraction de caracteristiques pertinentes pour la conception d'interfaces* (Rapport technique 0163; p. 65). <https://hal.inria.fr/inria-00070006>
- Shu, Y. & Furata, K. (2005). An Inference Method of Team Situation Awareness Based on Mutual Awareness. *Cognition, Technology and Work*, 7, 272-287.
- Sutton, R. T., Pincock, D., Baumgart, D. C., Sadowski, D. C., Fedorak, R. N., & Kroeker, K. I. (2020). An overview of clinical decision support systems : Benefits, risks, and strategies for success. *Npj Digital Medicine*, 3(1). <https://doi.org/10.1038/s41746-020-0221-y>
- Swindler, K. (2021). *LIFE AND DEATH DESIGN, What Life-Saving Technology Can Teach Everyday UX Designers*. Rosenfeld.

Usabilis. (2021). 10 heuristiques de Jakob Nielsen : Pour une évaluation UX en mode « discount » ?

*USABILIS*. <https://www.usabilis.com/heuristiques-evaluation-ux-mode-discount/>

Vardell, E., & Moore, M. (2011). Isabel, a Clinical Decision Support System. *Medical Reference Services Quarterly*, 30(2), 158-166. <https://doi.org/10.1080/02763869.2011.562800>

Vavilala, M. S., Kernic, M. A., Wang, J., Kannan, N., Mink, R. B., Wainwright, M. S., Groner, J. I., Bell, M. J., Giza, C. C., Zatzick, D. F., Ellenbogen, R. G., Boyle, L. N., Mitchell, P. H., & Rivara, F. P. (2014). Acute Care Clinical Indicators Associated With Discharge Outcomes in Children With Severe Traumatic Brain Injury. *Critical Care Medicine*, 42(10), 2258-2266. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000000507>

Weber, B., Lackner, I., Braun, C. K., Kalbitz, M., Huber-Lang, M., & Pressmar, J. (2021). Laboratory Markers in the Management of Pediatric Polytrauma : Current Role and Areas of Future Research. *Frontiers in Pediatrics*, 9. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.622753>

Weinger, M. B., Gardner-Bonneau, D., Wiklund, M. E., & Kelly, L. M. (Éds.). (2011). *Handbook of human factors in medical device design*. CRC Press.

Wooldridge, A. R., Carayon, P., Hoonakker, P., Hose, B.-Z., Ross, J., Kohler, J. E., Brazelton, T., Eithun, B., Kelly, M. M., Dean, S. M., Rusy, D., Durojaiye, A., & Gurses, A. P. (2019). Complexity of the pediatric trauma care process : Implications for multi-level awareness. *Cognition, Technology & Work*, 21(3), 397-416.

Wright, A., Sittig, D. F., Ash, J. S., Bates, D. W., Feblowitz, J., Fraser, G., Maviglia, S. M., McMullen, C., Nichol, W. P., Pang, J. E., Starmer, J., & Middleton, B. (2011). Governance for clinical decision support : Case studies and recommended practices from leading institutions. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 18(2), 187-194. <https://doi.org/10.1136/jamia.2009.002030>

- Wright, M. C., Borbolla, D., Waller, R. G., Del Fiol, G., Reese, T., Nesbitt, P., & Segall, N. (2019). Critical care information display approaches and design frameworks : A systematic review and meta-analysis. *Journal of Biomedical Informatics*.  
<https://doi.org/10.1016/j.yjbinx.2019.100041>
- Wright, Sittig, D. F., Ash, J. S., Feblowitz, J., Meltzer, S., McMullen, C., Guappone, K., Carpenter, J., Richardson, J., Simonaitis, L., Evans, R. S., Nichol, W. P., & Middleton, B. (2011). Development and evaluation of a comprehensive clinical decision support taxonomy : Comparison of front-end tools in commercial and internally developed electronic health record systems. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 18(3), 232-242.  
<https://doi.org/10.1136/amiajnl-2011-000113>
- Wu, M., PhD, Luo, J., & Contributors, P. O. J. of N. I. (2019). *Wearable Technology Applications in Healthcare : A Literature Review | HIMSS*. <https://www.himss.org/resources/wearable-technology-applications-healthcare-literature-review>
- Wulff, A., Haarbrandt, B., Tute, E., Marschollek, M., Beerbaum, P., & Jack, T. (2018). An interoperable clinical decision-support system for early detection of SIRS in pediatric intensive care using openEHR. *Artificial Intelligence in Medicine*, 89, 10-23.  
<https://doi.org/10.1016/j.artmed.2018.04.012>
- Yang, M.-T. (2020). Multimodal neurocritical monitoring. *Biomedical Journal*, 43(3), 226-230.  
<https://doi.org/10.1016/j.bj.2020.05.005>

## ANNEXES

## ANNEXE A APPROBATION ÉTHIQUE



Le 4 mai 2022

Docteur Émeriaud Guillaume  
CHU Sainte-Justine

Objet	Autorisation de réaliser la recherche
	2022-1059 Développement d'un outil de visualisation pour faciliter les décisions cliniques et améliorer la prise en charge des traumatismes crânio-cérébraux sévères chez l'enfant. Cochercheurs: Philippe Jovet; Philippe Doyon-Poulin; Tomas Dorta; Sandrine Laliberté

Bonjour,

Il nous fait plaisir de vous autoriser à réaliser la recherche identifiée en titre dans notre établissement et/ou sous ses auspices.

Cette autorisation vous est accordée sur la foi des documents que vous avez déposés auprès de notre établissement afin de compléter l'examen de convenance ainsi que la lettre du CER évaluateur. Si ce CER vous informe pendant le déroulement de cette recherche d'une décision négative portant sur l'acceptabilité éthique de cette recherche, vous devrez considérer que la présente autorisation de réaliser la recherche dans notre établissement est, de ce fait, révoquée à la date que porte l'avis du CER évaluateur.

Notre établissement a reçu une copie de la version finale des documents se rapportant à la recherche, approuvée par le CER évaluateur.

Cette autorisation de réaliser la recherche suppose également que vous vous engagez :

- 1) à vous conformer aux demandes du CER évaluateur, notamment pour le suivi éthique continu de la recherche;
- 2) à rendre compte au CER évaluateur et à la signataire de la présente autorisation du déroulement du projet, des actes de votre équipe de recherche, s'il en est une, ainsi que du respect des règles de l'éthique de la recherche;
- 3) à respecter les moyens relatifs au suivi continu qui ont été fixés par le CER évaluateur;
- 4) à conserver les dossiers de recherche pendant la période fixée par le CER évaluateur, après la fin du projet, afin de permettre leur éventuelle vérification;
- 5) à respecter les modalités arrêtées au regard du mécanisme d'identification des sujets de recherche dans notre établissement, à savoir la tenue à jour et la conservation de la liste à jour des participants de recherche recrutés dans notre établissement. Cette liste devra nous être fournie sur demande.


La présente autorisation peut être suspendue ou révoquée par notre établissement en cas de non-respect des conditions établies. Le CER évaluateur en sera alors informé.

Vous consentez également à ce que notre établissement communique aux autorités compétentes des renseignements personnels qui sont nominatifs au sens de la loi en présence d'un cas avéré de manquement à la conduite responsable en recherche de votre part lors de la réalisation de cette recherche.

Je vous invite à entrer en communication avec moi pendant le déroulement de cette recherche dans notre établissement, si besoin est. Vous pouvez aussi contacter notre CER en vous adressant au Bureau de l'éthique de la recherche (ethique.hs.j@ssss.gouv.qc.ca).

En terminant, je vous demanderais de toujours mentionner dans votre correspondance au sujet de cette recherche le numéro attribué à votre demande par notre établissement ainsi que le numéro attribué au projet de recherche par le CER évaluateur.

Veillez accepter mes sincères salutations.



Mariana DUMITRASCU  
Coordonnatrice du Bureau de l'éthique de la recherche  
CHU Sainte-Justine

Pour Marc Girard, M.D.  
Directeur des services professionnels (DAMU)  
Personne formellement mandatée au CHU Sainte-Justine pour autoriser la réalisation des projets de recherche

Signé le 2022-05-05 à 08:23

## ANNEXE B GRILLE DE L'ENTRETIEN SEMI-DIRECTIF



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



**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**  
UNIVERSITÉ  
D'INGÉNIERIE

APPROUVÉ PAR LE COMITÉ D'ÉTHIQUE

27 AVRIL 2022

#2022-4059

CHU SAINTE-JUSTINE

*Brève présentation du membre de l'équipe dirigeant l'appel et remerciements.*

*Brève présentation du mandat de recherche et explication de la responsabilité de l'individu envers cette dernière (entretien et éventuellement tâche sur le prototype). Votre participation à l'étude est volontaire. Si vous ne souhaitez plus prendre part à l'étude, vous n'avez qu'à nous en informer et nous effacerons vos données. Acceptez-vous toujours de participer à cette étude ?*

Si vous acceptez, nous enregistrons cette rencontre afin de faciliter son analyse. L'enregistrement sera conservé sur le serveur sécurisé de Polytechnique, accessible seulement à l'équipe de recherche. Sinon, nous prendrons des notes au papier et au crayon. Acceptez-vous que nous enregistrons la discussion ?

Avant de débiter l'entretien, j'aimerais vous présenter brièvement le projet Optibrain, mené par Dr Guillaume Emeriaud et l'équipe du centre de recherche du CHU Sainte-Justine (*description, présentation des indicateurs, présentation de certains graphiques proposés dans la thèse de Gabriel Masson*).

En vue de diriger les questions de l'entretien, nous avons créé la mise en contexte suivante : vous venez d'arriver à l'unité des soins intensifs pédiatriques pour débiter votre journée de travail. Vous avez à prendre en charge un enfant de 5 ans. Dans la nuit précédente, 5 heures avant votre arrivée à l'hôpital, le garçon a été admis pour un traumatisme crânien sévère. Votre collègue vous transfère que l'enfant est sous sédation profonde, sous respirateur et sous amine, et ce après son passage en salle d'opération pour monitoring de la PIC (pression intra crânienne). J'aimerais souligner que l'abréviation TCC (traumatisme crânien sévère) sera employée tout au long du questionnaire.

2— Dans le contexte explicité précédemment, pourriez-vous me décrire votre rôle aux soins intensifs pédiatriques de Sainte-Justine ?

*Questions de relance : Quelles sont vos principales responsabilités ? Comment se déroule une journée typique pour vous ?*

3— Dans un tel cas de figure, comment faites-vous pour prendre en charge un enfant qui souffre d'un TCCs ? Par quoi commencez-vous ?

*Questions de relance : Et ensuite... Pour résumer...*

4— Toujours en vous basant sur la mise en contexte proposée, pourriez-vous me lister vos tâches à effectuer pour évaluer si les conditions médicales sont optimales pour assurer l'évolution positive de l'état de l'enfant ?

*Questions de relance : Pourriez-vous m'en dire plus sur... ? Pourriez-vous illustrer cette série de tâches avec un exemple concret ? Comment faites-vous pour déterminer si l'enfant est suffisamment stable pour avancer vers une autre étape, comme le réveil ou la réadaptation ?*

5— Dans une telle situation clinique, quelles sont les variables (physiologiques) importantes à observer et analyser lors de la prise en charge d'un TCCs ?

*Questions de relance : Parmi celles-ci, est-ce qu'il y en a une plus déterminante ? Y a-t-il des limites ?*

6— En fonction des indicateurs soulevés à la question précédente, est-ce que vous considérez que ceux-ci sont faciles à interpréter ?

*Questions de relance : Également, est-ce que les cibles de traitement sont claires ou difficiles à trouver ?*

7— Toujours dans un même ordre d'idée, quels sont les outils/appareils dont vous disposez pour effectuer une évaluation précise pour guider la prise en charge ?

*Questions de relance : Sont-ils adéquats ? Est-ce que vous avez déjà utilisé des outils plus performants ? Lesquels ?*

8— Pourriez-vous me décrire les principaux environnements de travail qui vous permettrait de prendre en charge plus efficacement un enfant comme décrit dans la mise en contexte ?

*Questions de relance : Pourriez-vous me décrire brièvement les éléments clés de ces espaces (pour la prise en charge des TCCs) ?*

9— Y-a-t-il des changements que vous aimeriez apporter à ces environnements pour simplifier la prise en charge d'un enfant comme vu dans la mise en contexte ?

*Questions de relance : Que voulez-vous dire par là ? Expliquez-moi...*

10— En fonction des différentes réponses fournies aux questions précédentes, considérez-vous que vos objectifs de traitement sont le + souvent clairs lors de la prise en charge d'un enfant atteint d'un TCC ?

*Questions de relance : Est-ce que les principaux points de traitements sont évidents ? Est-ce qu'il vous manque d'informations ?*

11— En pratique, il s'avère parfois difficile de respecter les lignes directrices (barèmes cliniques internationaux de prise en charge). Selon vous, comment serait-il possible d'améliorer ce problème ?

*Questions de relance : Expliquez-moi... Donc selon vous (synthèse pour être certaine d'avoir bien compris)*

12— Maintenant, pourriez-vous me décrire une expérience marquante de votre carrière quant à la prise en charge d'un enfant souffrant d'un TCCs ?

*Questions de relance : Aujourd'hui, avec votre expérience acquise, est-ce que vous feriez certaines choses différemment ? Avez-vous d'autres exemples dont vous aimeriez faire part ?*

13— Si vous pouviez faire trois vœux pour améliorer la prise en charge des patients, quels seraient-ils ?

*Questions de relance : Pourriez-vous approfondir davantage ce vœu ? Y a-t-il autre chose que vous aimeriez évoquer à ce sujet ?*

*Enfin, expliquer exhaustivement les prochaines étapes de l'étude. Demandez au participant s'il serait intéressé à être contacté pour tester le prototype qui sera implémenté en clinique. Prévenir de l'échéancier. Remercier la personne interrogée.*

## ANNEXE C RÉSULTATS

### Persona



Figure C.1 Persona 1 : médecin intensiviste pédiatrique du CHUSJ.

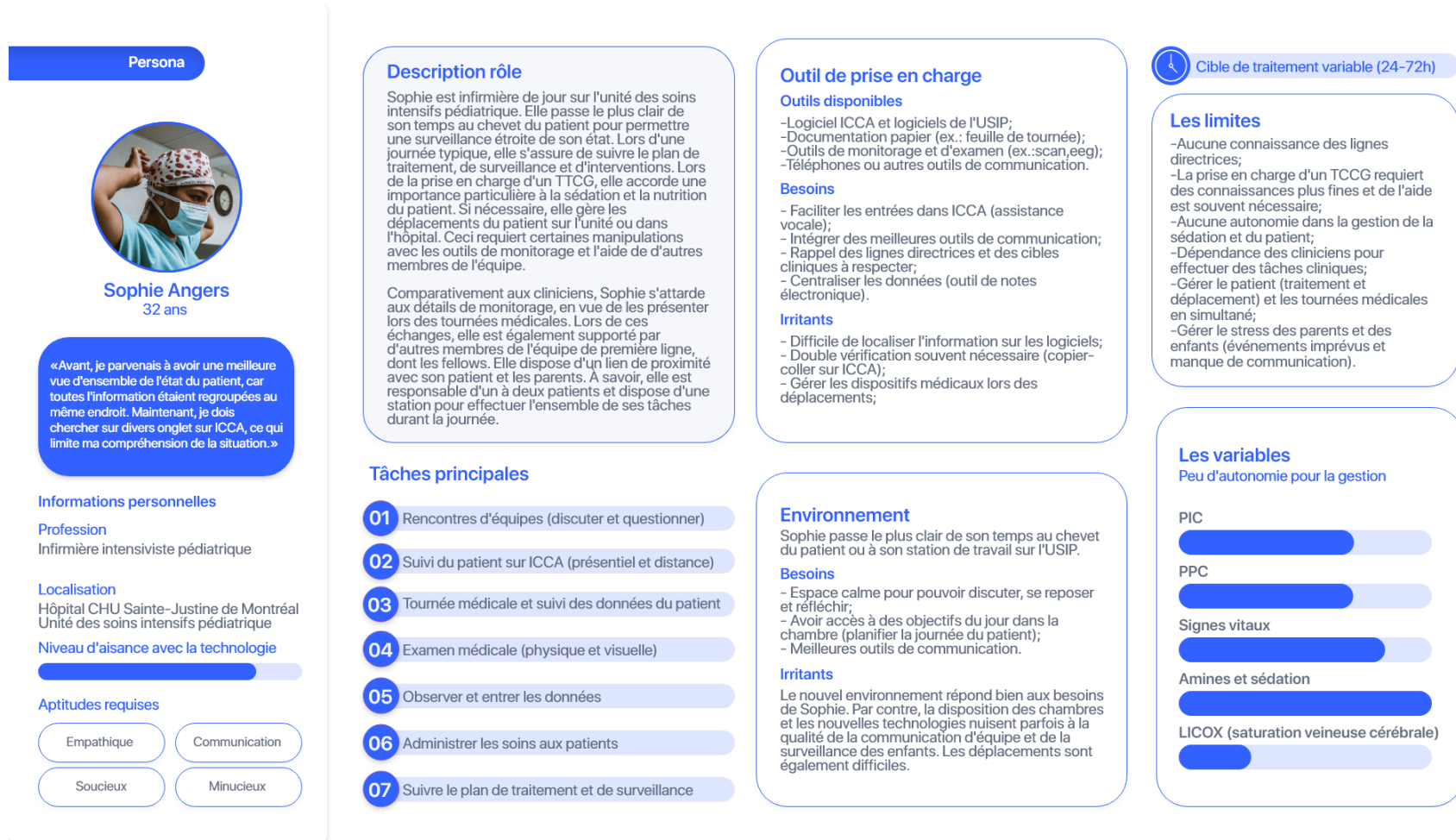


Figure C.2 Persona 2 : infirmière intensiviste pédiatrique du CHUSJ

# Cartes d'expériences

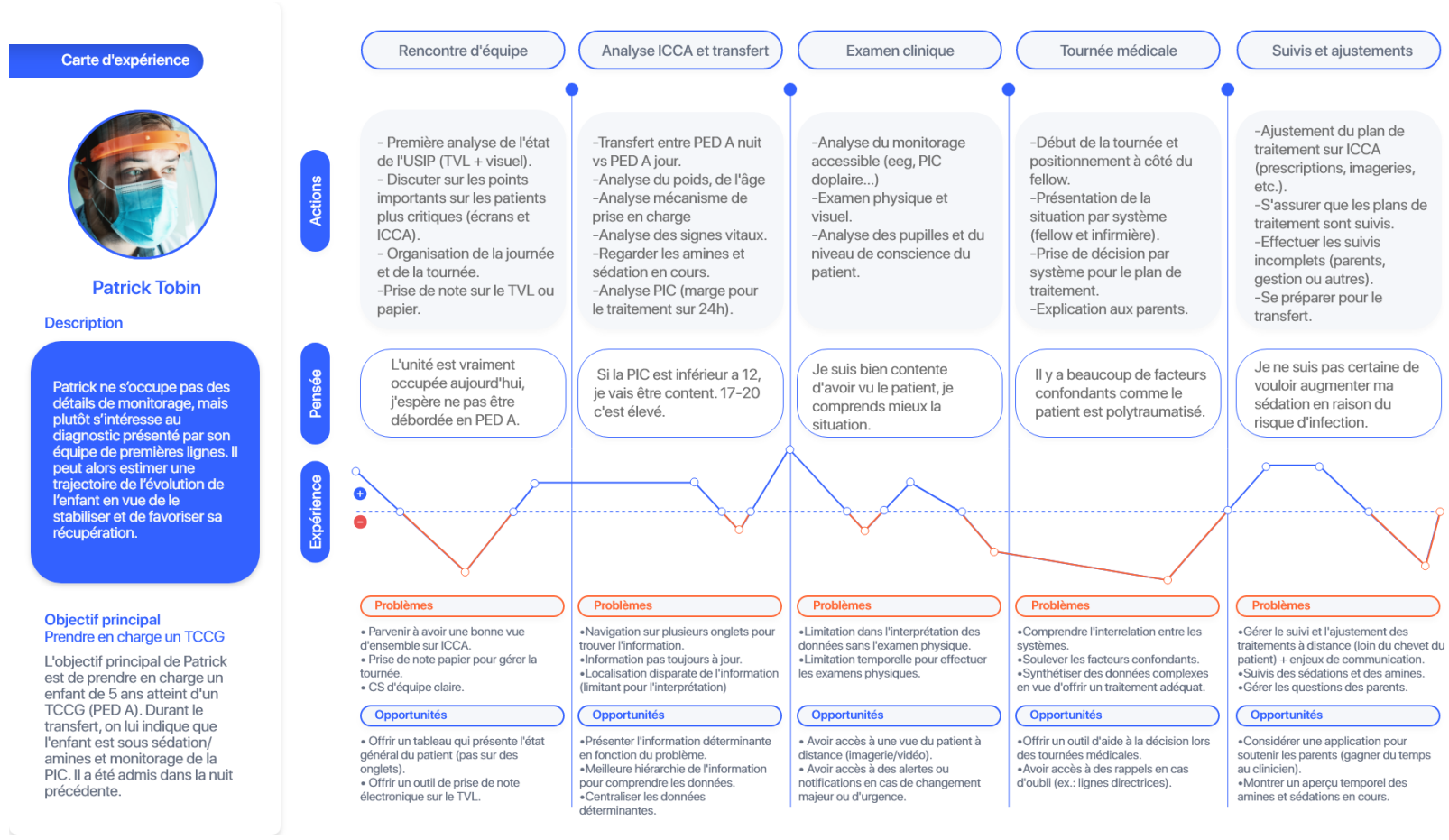


Figure C.3 Carte d'expérience 1 : médecin intensiviste pédiatrique du CHUSJ

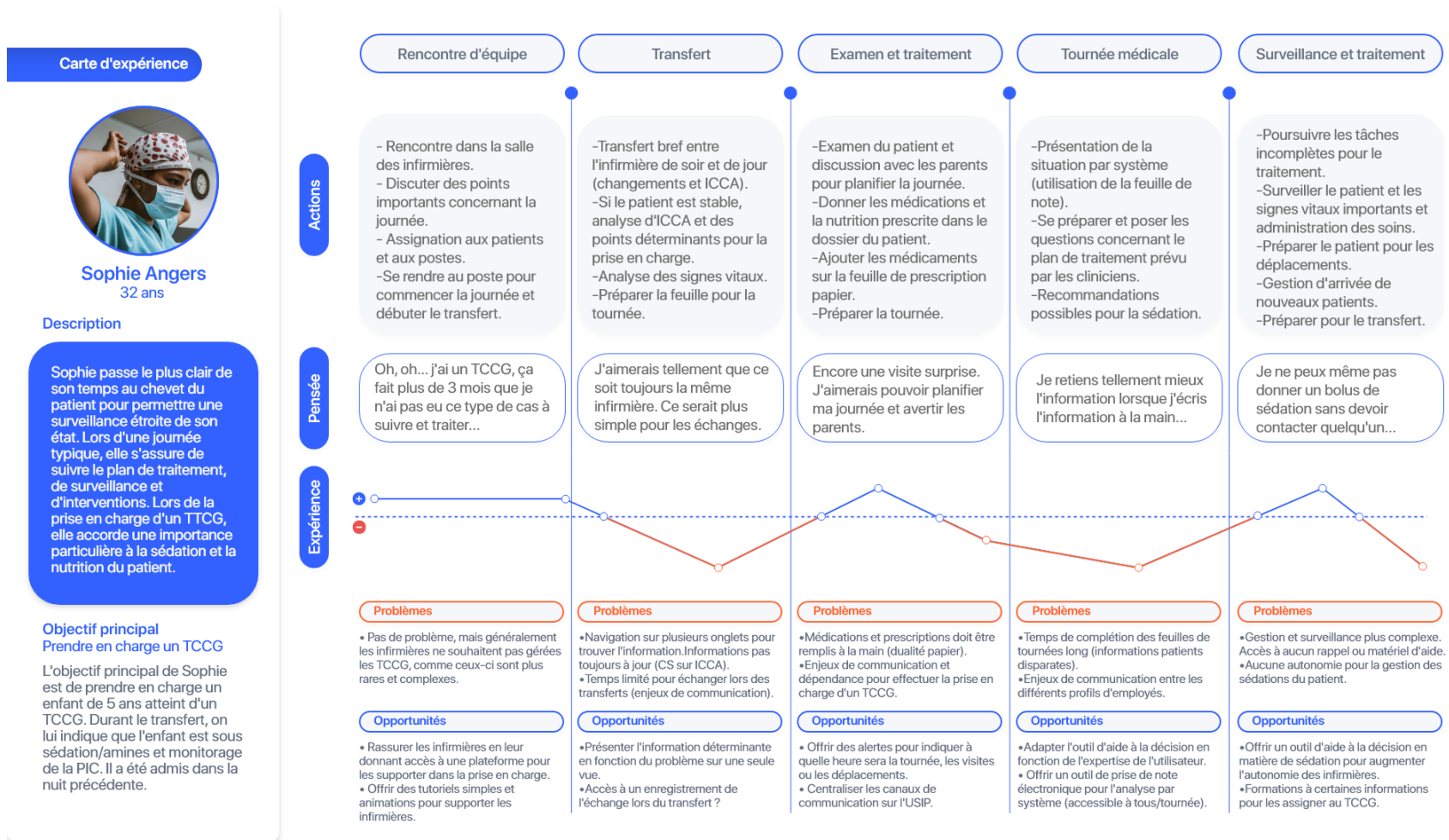


Figure C.4 Carte d'expérience 2 : infirmière intensiviste pédiatrique du CHUSJ

## Analyse de la tâche

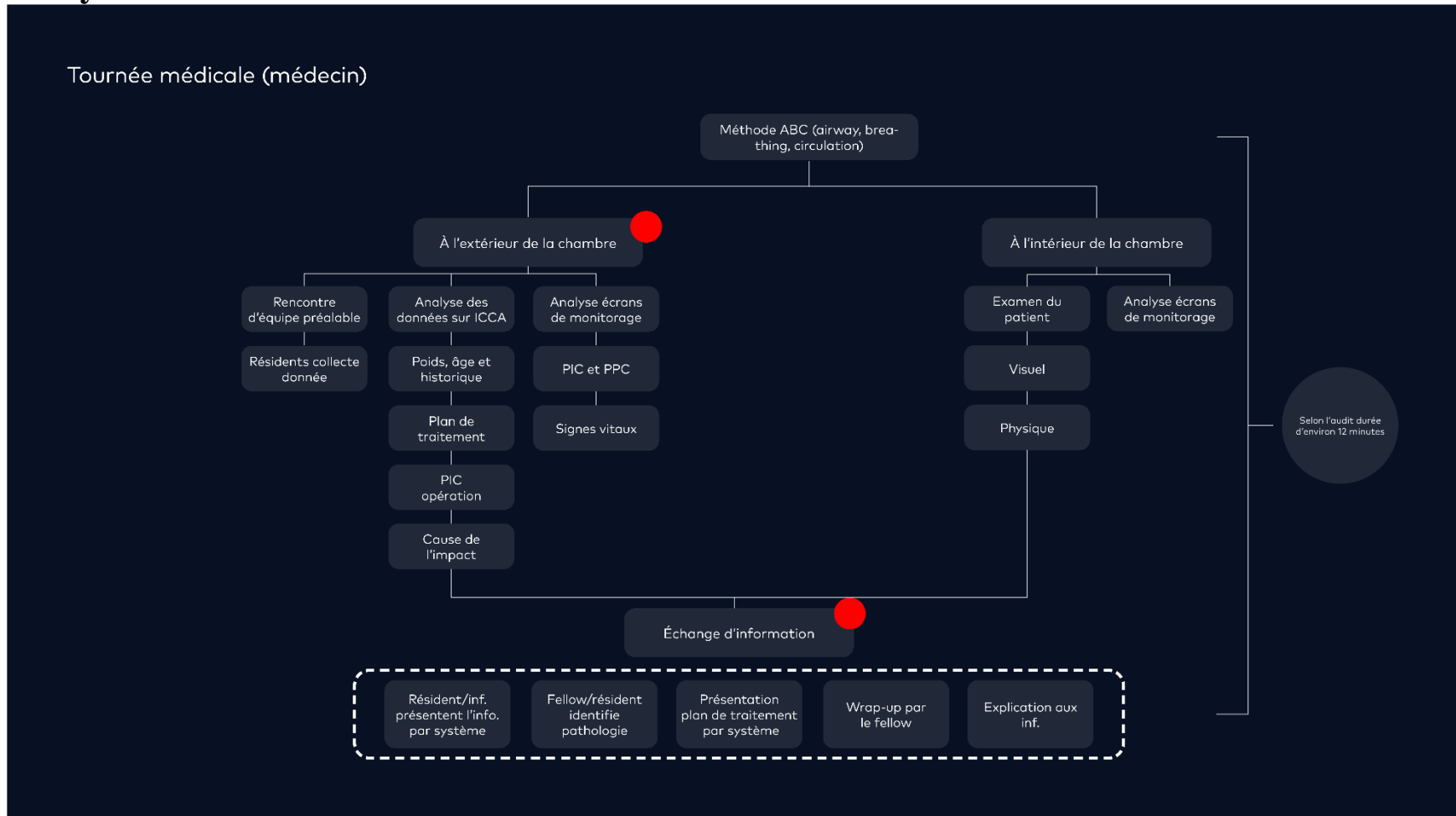


Figure C.5 Analyse de la tâche de la tournée médicale pour les médecins

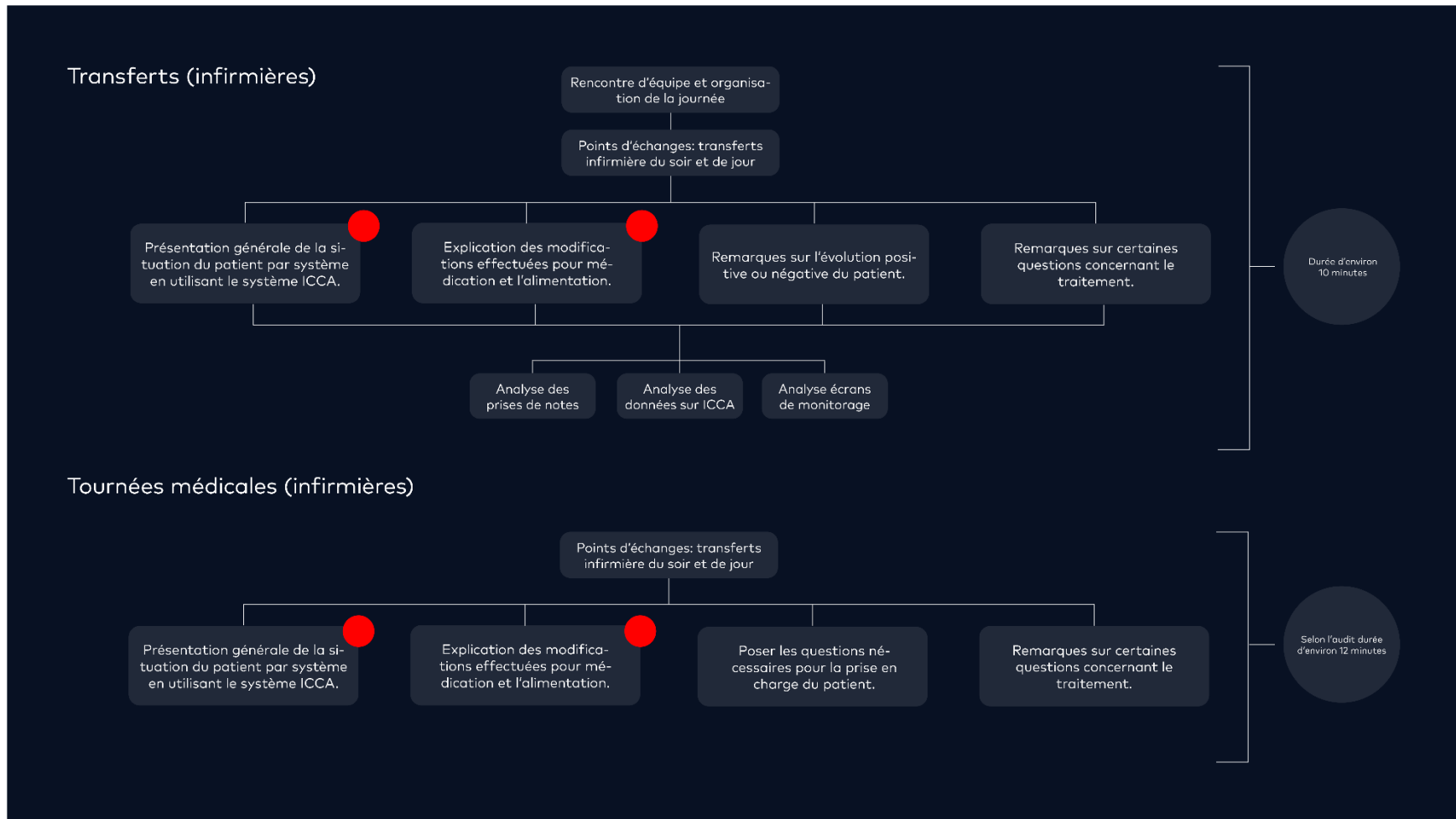


Figure C.6 Analyses de la tâche d'un transfert entre infirmières et des tâches d'une infirmière lors d'une tournée médicale.

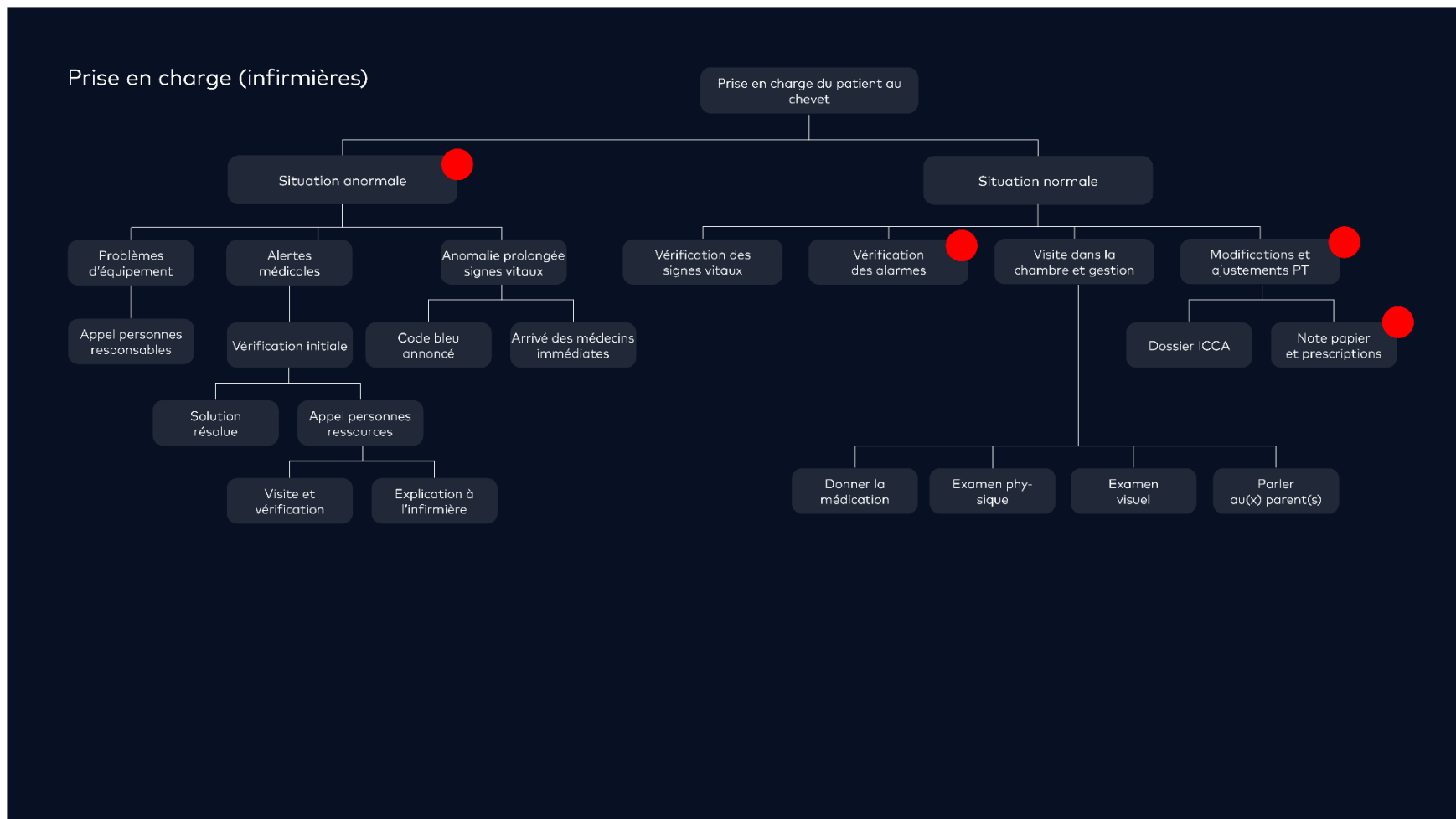


Figure C.7 Analyse de la tâche de la prise en charge d'un patient par une infirmière (situation anormale vs normale).

## Arrivée d'un nouveau patient (infirmières)



Figure C.8 Analyse de la tâche de la prise en charge d'un patient transféré par une infirmière.

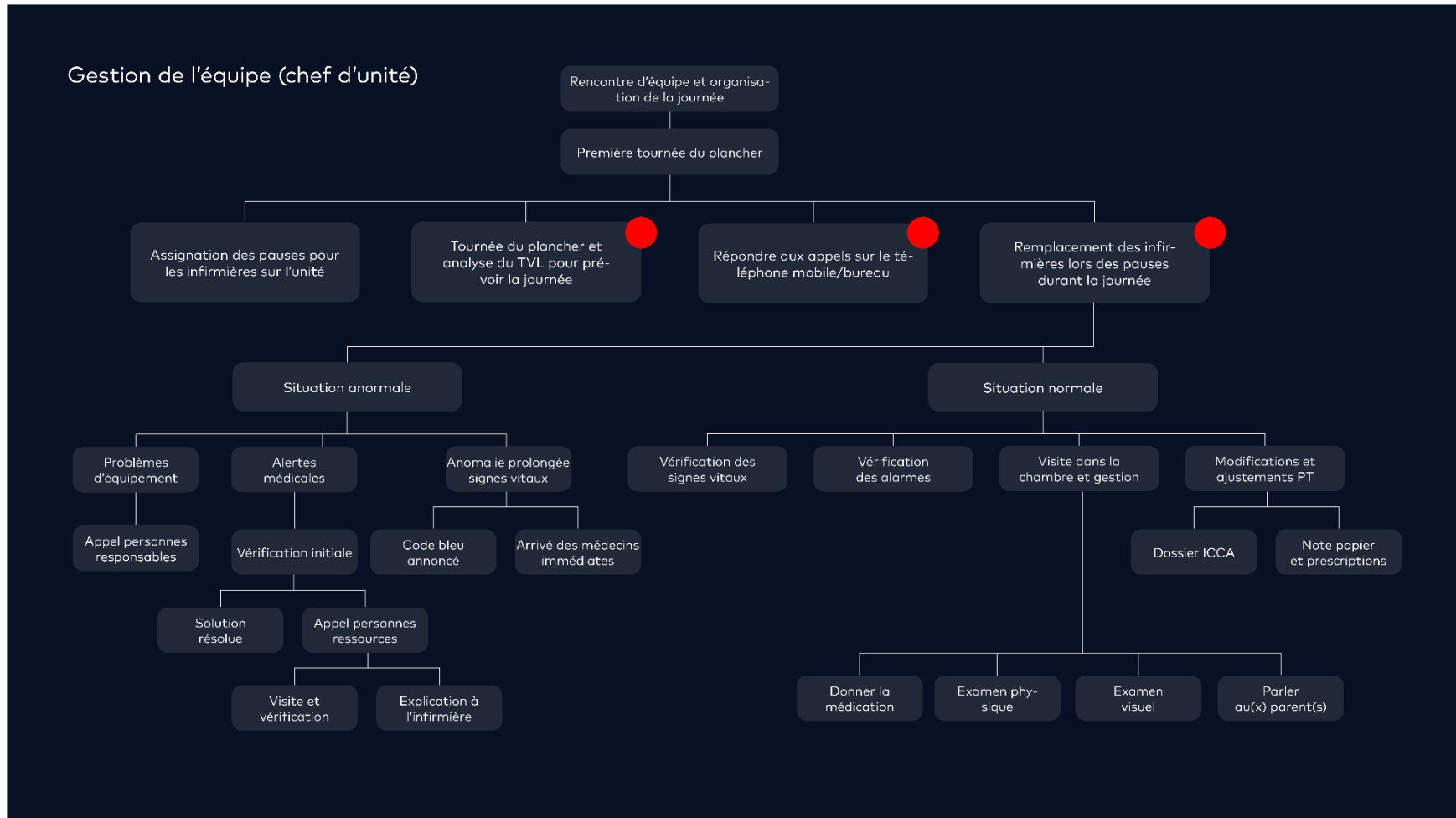


Figure C.9 Analyse de la tâche de la gestion d'équipe par une infirmière-cheffe d'unité.

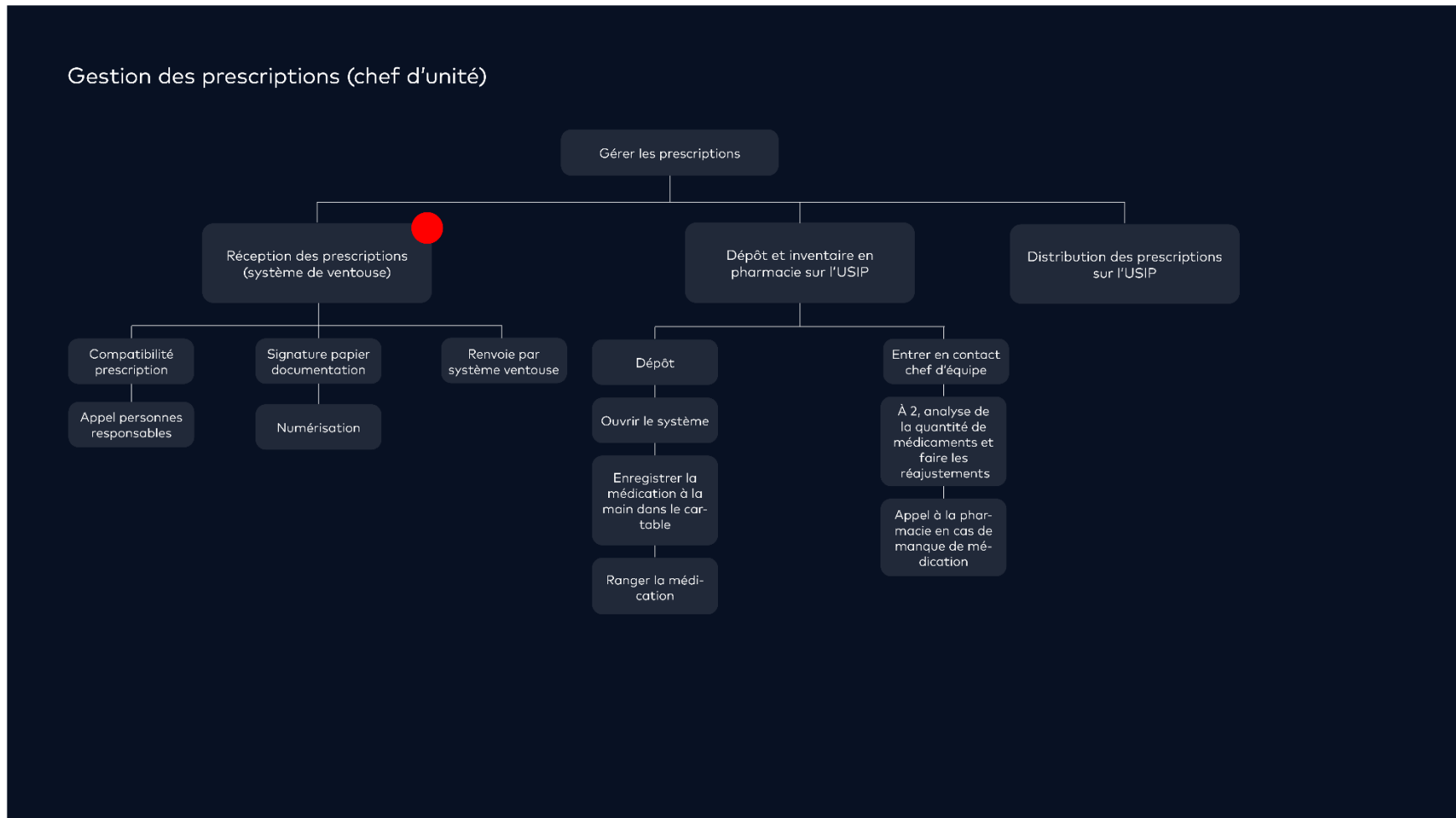


Figure C.10 Analyse de la tâche de la gestion des prescriptions par une infirmière-cheffe d'unité.

## Scénarios d'usage



Figure C.11 Scénario d'usage d'une journée typique d'une infirmière et les problématiques associées.

## Lieux prise en charge

Infirmières

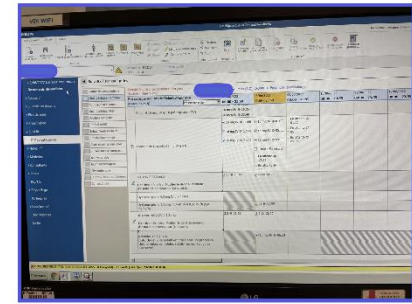
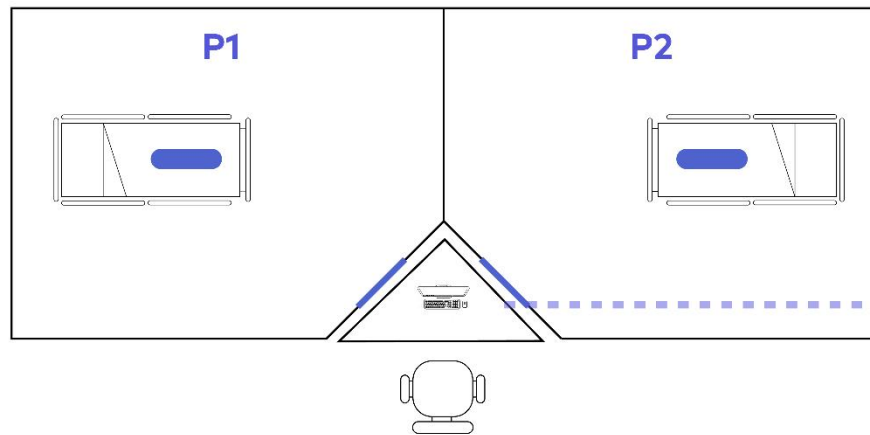


Figure C.12 Lieu de prise en charge principal des infirmières



Figure C.13 Scénario d'usage d'une journée typique d'un médecin et les problématiques associées

## Lieux de prise en charge

Médecins/fellows

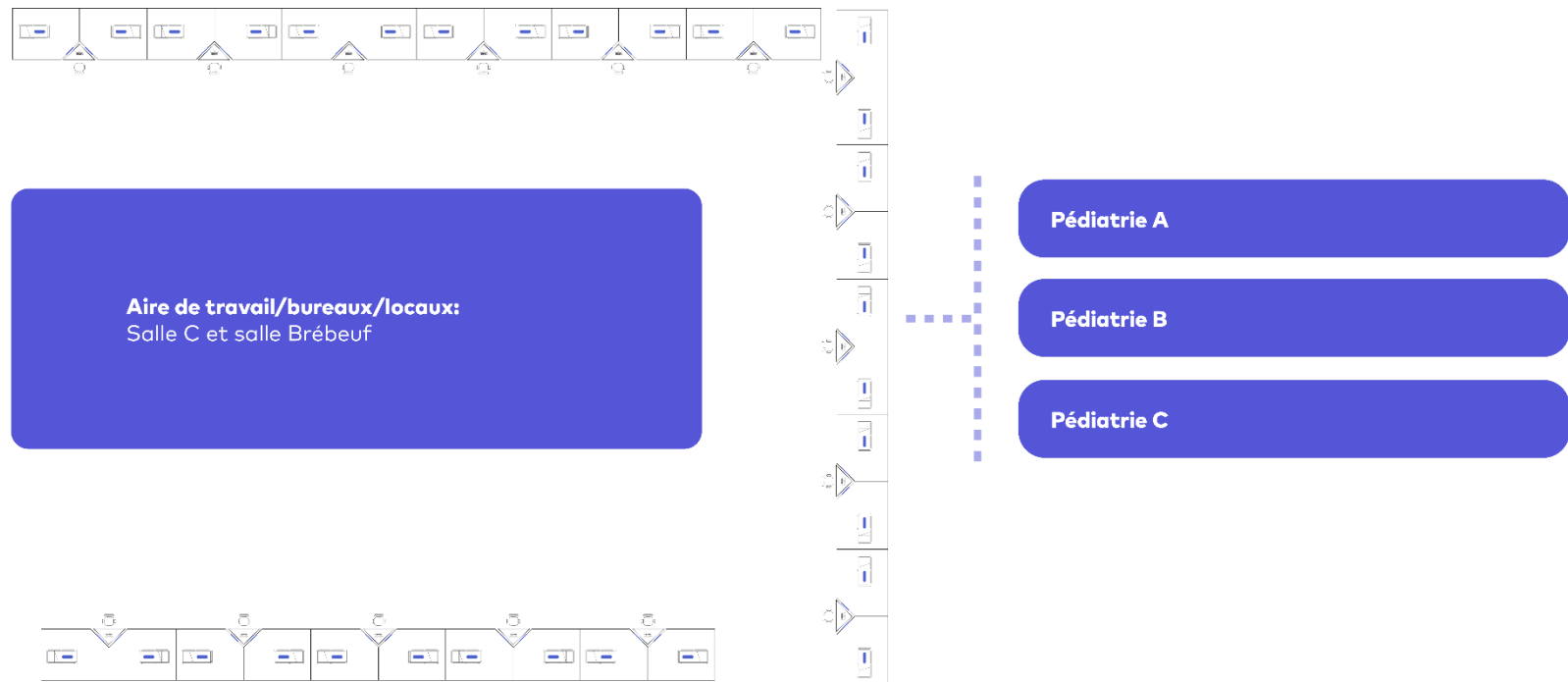


Figure C.14 Lieu de prise en charge principal des médecins

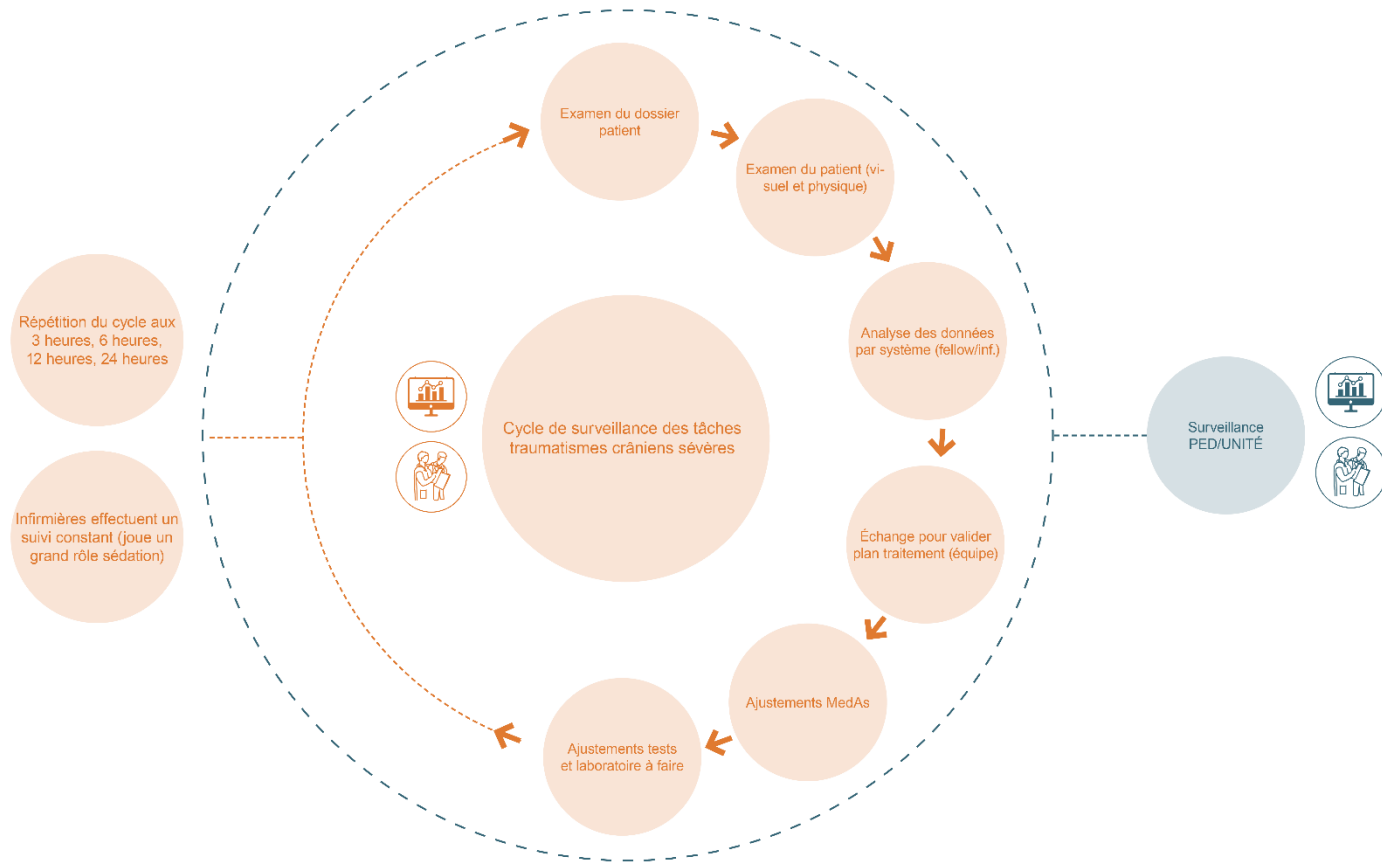


Figure C.15 Scénario d’usage des étapes d’une tournée médicale pour les médecins