

Louvain School of Management

Optimisation du temps d'utilisation des salles d'opération à la Clinique Saint-Pierre d'Ottignies

Auteur : Gosselin Vincent
Promoteur : Chevalier Philippe
Année académique 2025-2026
Travail de fin d'études (TFE) en vue d'obtenir le titre de
Master 60 avancé en sciences de gestion
Horaire de jour

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier Monsieur Philippe Chevalier, mon promoteur, pour son encadrement, ses conseils pertinents et le temps qu'il m'a consacré tout au long de la réalisation de ce travail de fin d'études.

J'adresse également mes remerciements à la Clinique Saint-Pierre d'Ottignies pour m'avoir offert l'opportunité de réaliser ce projet.

Je remercie tout particulièrement Madame Marie-France Gillard, responsable planning et performance au sein de la direction des opérations, et Monsieur Luc Haas, coordinateur du bloc opératoire, pour leur disponibilité, leurs conseils et leur accompagnement durant ce travail, ainsi que l'ensemble des acteurs qui ont donné de leur temps pour m'aider à mener ce projet à bien.

Résumé

Ce travail de fin d'études porte sur l'optimisation du temps d'utilisation des salles d'opération, en particulier sur l'analyse des écarts entre la planification théorique et le déroulement réel des journées d'intervention au bloc de la Clinique Saint-Pierre d'Ottignies. L'analyse repose sur l'étude de journées opératoires, complétée par des observations de terrain et des entretiens avec les acteurs du bloc et des représentants de la direction des opérations.

Les résultats mettent en évidence, d'une part, des dépassements de temps cumulés en fin de programme opératoire et, d'autre part, des retards au démarrage du premier cas. L'analyse causale montre que les débuts tardifs sont principalement liés à des problématiques organisationnelles de coordination. Les facteurs liés aux patients apparaissent marginaux sur la période étudiée.

Les débordements de temps d'occupation de salle observés en fin de journée ne s'expliquent pas uniquement par les retards de démarrage. Ils sont largement associés à une inadéquation entre les durées opératoires planifiées et celles réellement observées, traduisant un calibrage insuffisamment robuste du programme opératoire.

Sur cette base, des pistes d'amélioration organisationnelles sont proposées, ciblant la coordination autour du démarrage du premier cas, le pilotage des horaires et le recalibrage des durées opératoires à partir des données historiques. Leur impact est évalué au travers de simulations et en s'appuyant sur des indicateurs clés de référence.

Les résultats des simulations montrent qu'un recalibrage du programme opératoire, fondé sur l'historique des données observées, améliore la robustesse avec une meilleure prédiction des débordements de temps prévu d'occupation de salle et une réduction de leur ampleur, ainsi qu'une diminution de leur fréquence, sans impacter négativement la capacité globale du bloc opératoire.

Avant-propos

Ce travail de fin d'études a été réalisé dans le cadre d'un stage effectué au sein du bloc opératoire de la Clinique Saint-Pierre d'Ottignies. Cette immersion sur le terrain m'a permis d'observer de manière directe le fonctionnement quotidien du bloc opératoire, ainsi que les contraintes organisationnelles auxquelles les équipes sont confrontées.

La problématique que j'ai étudiée est née de ces observations et plus particulièrement des écarts récurrents constatés entre la planification théorique des programmes opératoires et leur déroulement réel. L'objectif de ce travail est ainsi de proposer une analyse structurée de ces écarts, en tenant compte des réalités opérationnelles du terrain.

J'ai donc mobilisé des données qui proviennent à la fois de données d'activité mises à disposition par la clinique et d'observations réalisées au cours de la période de stage. Certaines informations organisationnelles n'étant pas formalisées ou tracées de manière systématique, l'analyse repose également sur des échanges avec les acteurs du bloc opératoire et de la direction des opérations.

Table des matières

1. Introduction.....	1
1.1. Contexte.....	1
1.1.1. La clinique Saint-Pierre.....	1
1.1.2. Le bloc opératoire.....	1
1.2. Objectif.....	2
1.3. Questions de recherche.....	2
2. Revue de la littérature.....	3
2.1. Le rôle et la performance du bloc opératoire.....	3
2.1.1. Le rôle stratégique du bloc opératoire dans l'hôpital.....	3
2.1.2. Les indicateurs de performance.....	5
2.2. Les écarts de performance et leurs impacts.....	6
2.2.1. Les causes des écarts.....	6
2.2.1.1. Les causes organisationnelles.....	6
2.2.1.2. Les causes liées aux patients.....	6
2.2.1.3. Les causes techniques et logistiques.....	7
2.2.1.4. Les causes institutionnelles et structurelles.....	7
2.2.2. Les conséquences des écarts.....	7
2.2.2.1. Conséquences cliniques pour les patients.....	8
2.2.2.2. Conséquences organisationnelles pour les équipes.....	8
2.2.2.3. Conséquences économiques pour l'hôpital.....	8
2.3. Les approches d'optimisation.....	9
2.3.1. Approches d'optimisation et pilotage.....	9
2.3.2. Simulation et optimisation.....	10
3. Méthodologie.....	12
3.1. Périmètre de l'étude.....	12
3.2. Collecte de données qualitatives.....	12
3.3. Collecte de données quantitatives.....	13
3.4. Variables étudiées.....	13
3.5. Analyse des écarts.....	14
3.6. Analyse des causes.....	14

3.7.	Simulation	15
3.8.	Limites de la méthodologie	15
4.	Analyse statistique	17
4.1.	Description des données et approche statistique	17
4.2.	Écarts entre planification et réalité	17
4.3.	Écarts par intervention	20
4.4.	Début tardif.....	21
5.	Analyse causale des retards et des dépassements au bloc opératoire...	23
5.1.	Objectif et démarche d'analyse causale	23
5.2.	Causes des retards au démarrage du premier cas	24
5.2.1.	<i>Facteurs organisationnels et humains : coordination du démarrage du premier cas</i>	24
5.2.1.1.	<i>Décomposition des sous-causes de coordination</i>	24
5.2.1.2.	<i>Analyse approfondie de la sous-cause principale</i>	25
5.2.2.	<i>Facteurs organisationnels : aléas acceptables et marge de sécurité insuffisante</i>	25
5.2.3.	<i>Facteurs organisationnels : urgences opératoires</i>	26
5.2.4.	<i>Facteurs liés aux patients : arrivée tardive</i>	26
5.3.	Causes des dépassements en fin de programme	26
5.4.	Synthèse des causes prioritaires et leviers actionnables	27
6.	Pistes d'amélioration	28
6.1.	Objectif et logique des pistes d'amélioration	28
6.2.	Amélioration de la coordination autour du démarrage du premier cas	28
6.3.	Renforcement du pilotage et de la traçabilité des horaires	29
6.4.	Recalibrage du programme opératoire	30
7.	Modèle de simulation.....	33
7.1.	Objectif.....	33
7.2.	Calibrage des durées d'intervention.....	33
7.3.	Organisation opérationnelle du premier cas	35
7.4.	Analyse des résultats	36
8.	Conclusion	40
	Bibliographie	41
	Annexes	44

Annexe A Analyse des écarts de temps d'occupation de salle	45
Annexe B Analyse des écarts des durées d'intervention	46
Annexe C Analyse des temps de début tardif et de leurs causes	48
Annexe D Résultats des simulations en neurochirurgie et en chirurgie vasculaire.....	50
Annexe E Code Python des simulations	52

Liste des tableaux

Table 4.1	Analyse des écarts (en minutes) entre durée prévue et réelle d'une journée opératoire (médiane et quartiles)	19
Table 4.2	Analyse des écarts (en minutes) entre durée prévue et réelle d'une intervention (médiane et quartiles)	20
Table 4.3	Analyse des temps de début tardif (en minutes) pour chaque discipline (médiane et quartiles)	22
Table 4.4	Analyse de fréquence des causes de début tardif	22
Table 5.1	Sous-causes qualitatives associées à la coordination de l'équipe médicale. (N=51)	26
Table 7.1	Équations des régressions linéaires et coefficients de corrélation associés, par discipline	36
Table 7.2	Indicateurs de performance de calibrage et d'amélioration du premier cas	38
Table A.1	Analyse des écarts (en minutes) entre durée prévue et réelle d'une journée opératoire (moyenne et écart-type)	46
Table B.1	Analyse des écarts (en minutes) entre durée prévue et réelle d'une intervention (moyenne et écart-type)	48
Table C.1	Analyse des temps de débuts tardifs (en minutes) pour chaque discipline (moyenne et écart-type).	50

Liste des figures

Figure 4.1	Distribution des écarts de temps entre durée prévue et durée réelle en fin de journée opératoire.	19
Figure 5.1	Diagramme d'Ishikawa des causes des écarts entre la planification et le déroulement réel des journées opératoires	25
Figure 7.1	Évolution des temps réels d'opération en orthopédie en fonction des temps prévus	35
Figure 7.2	Évolution des temps réels d'opération en neurochirurgie en fonction des temps prévus	35
Figure 7.3	Évolution des temps réels d'opération en vasculaire en fonction des temps prévus	36
Figure 7.4	Comparaison des scénarios pour la prédiction du temps d'occupation en orthopédie	39
Figure 7.5	Comparaison des scénarios pour la prédiction du temps de début tardif en orthopédie	40
Figure A.1	Répartition par discipline du nombre de journées observées	46
Figure A.2	Histogramme des écarts cumulés par journée (vision globale)	46
Figure B.1	Histogramme global des écarts par intervention entre durée prévue et durée réelle (en minutes)	47
Figure B.2	Distribution des écarts de temps entre durée prévue et durée réelle d'une opération	47
Figure B.3	Répartition par discipline du nombre d'opérations observées	48
Figure C.1	Histogramme global des temps de débuts tardifs (en minutes)	49
Figure C.2	Distribution des temps de début tardif	49
Figure C.3	Distribution relative par discipline de la fréquence des problèmes de coordination de l'équipe médicale	50
Figure D.1	Comparaison des différents scénarios pour la prédiction du temps d'occupation en neurochirurgie	51
Figure D.2	Comparaison des différents scénarios pour la prédiction du temps de début tardif en neurochirurgie	51
Figure D.3	Comparaison des différents scénarios pour la prédiction du temps d'occupation en vasculaire	52
Figure D.4	Comparaison des différents scénarios pour la prédiction du temps de début tardif en vasculaire	52

Liste des annexes

Annexe A	Analyse des écarts de temps d'occupation de salle	45
Annexe B	Analyse des écarts des durées d'intervention	46
Annexe C	Analyse des temps de début tardif et de leurs causes	48
Annexe D	Résultats des simulations en neurochirurgie et en chirurgie vasculaire	50
Annexe E	Code Python des simulations	52

1. Introduction

1.1. Contexte

1.1.1. *La clinique Saint-Pierre*

La clinique Saint-Pierre d'Ottignies (CSPO) est un hôpital général en Brabant wallon. Elle dispose de 425 lits agréés et compte près de 2 260 collaborateurs, dont environ 350 médecins spécialistes. L'établissement comprend 15 salles d'opération. Chaque année, la clinique enregistre environ 52 000 visites aux urgences, 28 670 hospitalisations de jour, 1 240 accouchements et plus de 626 000 consultations. La CSPO fait partie du réseau hospitalier H.uni, qui regroupe plusieurs institutions de soins francophones en Belgique (Clinique Saint-Pierre Ottignies, s. d.).

1.1.2. *Le bloc opératoire*

Le bloc opératoire constitue un élément essentiel de l'hôpital, tant par son volume d'activités que par son poids économique. Selon l'Agence Nationale d'Appui à la Performance des établissements de santé et médico-sociaux (ANAP, 2025) en France, “le bloc opératoire représente un enjeu stratégique pour les établissements, tant sur le plan médical qu'économique”. Cette définition étant issue du contexte français, les indicateurs de performance liés, tels que le taux d'occupation des salles, le taux de début tardif ou encore le taux de débordement, sont également utilisés dans les hôpitaux belges pour garantir une utilisation efficace des ressources et réduire les pertes de temps pendant les opérations (ANAP, 2016b, 2025).

Toutefois, malgré cette structure organisationnelle et l'accessibilité aux instruments de gestion, on constate souvent des différences entre l'emploi du temps prévu et l'utilisation effective des salles. Ces différences peuvent être dues à des délais, des absences, des annulations, des soucis matériels ou encore une estimation inexacte des temps d'intervention (Dexter & Macario, 2002; Ravery et al., 2023). Les répercussions qui en découlent sont nombreuses, allant de l'augmentation des délais d'attente pour les patients à la surcharge de travail pour le personnel, ainsi qu'une utilisation insuffisante ou une saturation des ressources en place. Cette étude porte sur trois disciplines du bloc opératoire de la CSPO : l'orthopédie, la neurochirurgie et la chirurgie vasculaire et thoracique.

1.2. Objectif

L'objectif de ce travail est dans un premier temps d'évaluer l'efficacité du système de planification des salles d'opérations du service d'orthopédie, de neurochirurgie et de chirurgie vasculaire et thoracique. En comparant les données théoriques du logiciel de planification OMNIPRO et l'occupation réelle, je mesurerai la fréquence et l'importance des écarts entre la planification théorique et la réalité.

Par la suite, j'aurai à identifier les raisons de ces écarts (retards, variabilité opératoire, aléas organisationnels ou logistiques). Le but ici est d'évaluer les effets de ces différences sur le personnel, les patients et les moyens de l'hôpital.

Finalement, sur base des résultats obtenus dans l'ensemble de l'analyse, j'émettrai des suggestions concrètes et applicables pour diminuer ces différences constatées et optimiser l'emploi des ressources.

1.3. Questions de recherche

Les questions de recherche suivantes vont guider le projet :

1. Quelles sont la fréquence et l'ampleur des écarts entre le planning théorique (OMNIPRO) et la réalité pour les trois disciplines étudiées ?
2. Les durées opératoires prévues dans OMNIPRO sont-elles globalement surestimées ou sous-estimées par rapport aux durées réellement observées ?
3. Quelles sont les principales causes de ces écarts (organisationnelles, humaines, matérielles/logistiques et liées aux patients) ?
4. Comment ces écarts affectent-ils l'organisation du bloc opératoire, les équipes et les patients ?
5. Quelles pistes d'amélioration pourraient réduire ces écarts et quel serait leur impact potentiel selon une simulation à événements discrets ?

2. Revue de la littérature

Pour structurer l'analyse du fonctionnement du bloc opératoire et comprendre les leviers d'amélioration possibles, j'ai décidé d'organiser cette revue de littérature en trois parties complémentaires :

- le rôle stratégique du bloc opératoire dans l'hôpital et les principaux indicateurs utilisés pour en mesurer la performance ;
- les écarts observés entre la planification et l'activité réelle, ainsi que leurs causes et leurs conséquences ;
- les approches d'optimisation proposées dans la littérature, incluant les outils de pilotage et les modèles de simulation.

2.1. Le rôle et la performance du bloc opératoire

2.1.1. *Le rôle stratégique du bloc opératoire dans l'hôpital*

Le bloc opératoire est perçu comme le cœur de l'hôpital, étant donné qu'il concentre l'activité chirurgicale et mobilise un grand volume de ressources humaines, matérielles ainsi que financières. L'Organisation mondiale de la Santé (2017) positionne d'ailleurs la chirurgie sur un pied d'égalité avec la médecine préventive et les soins primaires en matière de priorité.

Sur le plan économique, d'après Rothstein et Raval (2018), l'activité chirurgicale représente jusqu'à 40 % des coûts hospitaliers et produit entre 60 et 70 % des revenus d'un hôpital. Cela prouve bien que l'organisation du bloc opératoire a un impact direct sur la performance financière de l'hôpital, mais c'est aussi, par la même occasion, une potentielle source de fragilité en cas d'inefficience. Cela est vite constaté dans la pratique dès qu'un programme prend du retard.

Mais si on limite notre perspective seulement à une question de coûts, notre vision serait incomplète. Dans une revue systématique publiée en 2024, Pasquer et ses collaborateurs mettent en évidence que la stabilité des équipes, l'efficacité de la coordination ainsi que la gestion des imprévus impactent non seulement la durée opératoire, mais également la sécurité des patients et les coûts indirects (Pasquer *et al.*, 2024). En d'autres termes, nous pouvons dire que la performance du bloc dépend d'un équilibre entre l'efficacité économique et le contrôle organisationnel et qu'un management qui se concentre uniquement sur la productivité risquerait d'impacter négativement la dimension humaine et la qualité des soins.

Au niveau du plan institutionnel, plusieurs outils ont été créés pour structurer plus précisément la gestion des blocs opératoires. En France, l'Agence Nationale d'Appui à la Performance (ANAP, 2016a, 2016b, 2025) encourage une gouvernance partagée et l'usage d'indicateurs communs pour suivre l'activité, la ponctualité et la gestion des imprévus au sein du bloc opératoire. L'idée est d'avoir une base commune pour comparer les établissements et améliorer le pilotage global. Mais dans les faits, ces modèles restent fortement ancrés dans le système français et ne peuvent pas être appliqués tels quels en Belgique (ANAP, 2016a). Le financement hospitalier belge repose sur une logique différente, plus fragmentée, qui rend difficile l'application directe de ces modèles (Leroy et al., 2017; Benahmed et al., 2024). Les hôpitaux belges peuvent s'en inspirer, mais doivent les adapter, ce qui complique l'évaluation comparative et crée une forme de "zone grise" méthodologique.

Ces constats généraux s'appliquent également pour notre cas pratique de la Clinique Saint-Pierre Ottignies (CSPO). Leur plan stratégique 2023-2028 met en avant une modernisation du plateau technique et des infrastructures comme leviers prioritaires de performance. Même si le bloc opératoire n'y est pas isolé comme axe spécifique, il en constitue une composante essentielle. Le rapport d'activités 2023 mentionne plus de 28.000 hospitalisations de jour et 52.000 passages aux urgences, dont une part importante nécessite une intervention chirurgicale. Par conséquent, cette demande mobilise une proportion significative des 15 salles d'opération de la clinique, à savoir 51.768 heures d'interventions, toujours selon le rapport d'activité 2023. Ce niveau d'activité nous montre bien le poids stratégique du bloc, mais aussi la complexité organisationnelle qui lui est rattachée.

Toutefois, la communication institutionnelle de la CSPO met surtout l'accent sur les infrastructures modernes et sur le rôle de centre de référence en Brabant wallon (Clinique Saint-Pierre Ottignies, 2023, 2024, n. d.). Si cet aspect renforce l'image de qualité, il ne dit pas grand-chose de l'efficacité réelle du bloc au quotidien. Ce décalage entre le discours stratégique et la performance opérationnelle souligne la nécessité d'un regard plus analytique sur la gestion concrète du bloc opératoire.

En résumé, le bloc opératoire représente, pour son hôpital, à la fois un centre de soins, un levier économique et un espace d'organisation complexe. Sa performance dépend d'une articulation fine entre stratégie institutionnelle, efficacité économique et pratiques de terrain. La question suivante devient donc évidente : comment évaluer concrètement cette performance ?

2.1.2. Les indicateurs de performance

Pour évaluer l'efficacité d'un bloc opératoire, on se basera sur une série d'indicateurs clés de performance (KPI) afin de mesurer son activité, son efficacité ainsi que le niveau de qualité des soins qu'il dispense (ANAP, 2016b). Ces indicateurs sont essentiels pour piloter les blocs opératoires, comparer les résultats dans le temps et identifier les marges d'amélioration. Après avoir établi que le bloc constitue une fonction stratégique au sein de l'hôpital (cf. 2.1), nous pouvons chercher à répondre à la question : comment mesurer cette performance ?

En France, l'Agence Nationale d'Appui à la Performance (ANAP) a publié plusieurs guides méthodologiques qui font aujourd'hui référence (ANAP, 2016a, 2016b, 2025). Ces indicateurs sont organisés autour de quatre dimensions principales : la disponibilité des blocs (taux d'ouverture, vacation vide), la ponctualité et la planification (démarrage tardif, temps de rotation, fin précoce), le niveau d'occupation des salles et la gestion des imprévus (débords, interventions urgentes). L'avantage d'utiliser ces outils réside dans leur capacité à fournir une base commune pour pouvoir comparer les performances et pour harmoniser le pilotage stratégique des blocs.

Cependant, on retrouve dans la littérature scientifique les limites de cette méthode standardisée. Fixler et Wright (2013), à partir d'une étude menée dans plusieurs hôpitaux canadiens, mettent en évidence l'absence de consensus autour de la notion d'efficacité opératoire. Chaque établissement adapte en réalité ses indicateurs à ses priorités locales, ce qui complique toute comparaison externe. Leur analyse propose huit paramètres critiques, tels que la proportion d'actes réalisés hors heures, le taux d'annulation le jour même, la ponctualité du premier cas ou encore les coûts liés au personnel excédentaire, qui complètent et nuancent les critères de l'ANAP en intégrant des dimensions souvent moins visibles.

Ces indicateurs ne sont pas simplement une démarche administrative : ils représentent des défis stratégiques (Rothstein & Raval, 2018). Le bloc opératoire concentre une part majeure des coûts et des revenus hospitaliers (Rothstein & Raval, 2018), et leur suivi conditionne directement la viabilité économique et la qualité des soins. Cependant, ils ont pour limite d'être conçus pour le système hospitalier français et nécessitent une adaptation pour le contexte belge au vu d'un financement et d'une organisation différents (ANAP, 2016a). Pour une institution telle que la Clinique Saint-Pierre, l'intérêt est d'utiliser ces outils comme références en les adaptant à leurs propres contraintes et objectifs. Par ailleurs, un indicateur qui serait mal interprété pourrait parfois produire l'effet inverse de celui recherché : par exemple, une surplanification pour "optimiser" les salles peut augmenter la pression sur les équipes et compromettre la sécurité des soins.

Pour conclure ce point, les indicateurs apportent une évaluation objective de l'activité, mais leur véritable valeur est démontrée par l'analyse des écarts observés et les actions d'amélioration qui en découlent.

2.2. Les écarts de performance et leurs impacts

2.2.1. *Les causes des écarts*

Même en restant dans un contexte électif, j'ai observé qu'il y avait systématiquement un écart entre la planification théorique des programmes opératoires et leur déroulement réel. Ces écarts sont le résultat d'un ensemble de facteurs interdépendants que la littérature regroupe en quatre grandes catégories : organisationnels, liés aux patients, techniques/logistiques et structurels (Dexter & Macario, 2002; Koushan et al., 2021; Ravery et al., 2023).

2.2.1.1. *Les causes organisationnelles*

La planification et la coordination des acteurs sont la source d'écarts qu'on retrouve le plus souvent mentionnée dans les études portant sur l'efficacité des blocs opératoires. Lorsque les temps opératoires planifiés reposent sur des durées sous-estimées, les retards et débordements deviennent structurels. Selon Dexter et Macario (2002), un système de planification qui s'appuie sur l'estimation subjective des durées opératoires par les chirurgiens plutôt que sur l'analyse des durées historiques augmente significativement les risques de dépassements récurrents. De plus, les retards du premier cas de la journée constituent un levier critique. Wachtel et Dexter (2009) démontrent qu'un démarrage tardif entraîne un effet domino sur l'ensemble du programme, augmentant donc le risque de débordement en fin de journée et d'annulations. Ces observations sont confirmées dans l'expérience clinique : Ravery et ses collaborateurs (2023), dans une étude portant sur cinq ans en orthopédie, démontrent que le manque de synchronisation entre différents services (salle d'opération, anesthésie, chirurgiens, brancardiers) est un facteur clé des retards récurrents.

2.2.1.2. *Les causes liées aux patients*

Les patients représentent un domaine d'incertitude difficile à anticiper. Les écarts entre le programme prévu et l'activité réelle sont directement influencés par des facteurs tels que les annulations de dernière minute, les absences, les délais administratifs ou encore les changements de l'état clinique. Koushan, Wood et Greatbanks (2021) mettent en avant dans leur revue systématique que les causes qui dépendent du patient représentent en moyenne 20 à 30% des

annulations en chirurgie électorive, notamment lorsque le processus préopératoire (consultation anesthésique, préparation, consignes) n'est pas suffisamment structuré. Ces éléments mettent en évidence que la performance opératoire dépend aussi de la fiabilité du parcours patient et pas uniquement du fonctionnement interne des équipes.

2.2.1.3. Les causes techniques et logistiques

Bien que ces problèmes soient moins fréquents, les pannes matérielles ou logistiques sont disproportionnées. Un programme peut être complètement interrompu en raison d'une salle non disponible, d'un instrument manquant, d'une défaillance d'équipement ou d'un retard de stérilisation. Koushan, Wood et Greatbanks (2021) soulignent que ces incidents génèrent moins d'écarts en termes de nombre, mais davantage en termes d'amplitude. Autrement dit, ils provoquent des retards en cascade difficiles à rattraper. Ravery et al. (2023) expliquent de leur côté qu'un problème technique crée, en moyenne, plus de 30 minutes de décalage sur les interventions suivantes, même lorsque le problème initial est rapidement résolu.

2.2.1.4. Les causes institutionnelles et structurelles

Enfin, la performance du bloc dépend aussi du modèle de gouvernance et du financement hospitalier. En Belgique, Leroy et al. (2017) observent une forte variabilité entre hôpitaux dans l'organisation des blocs opératoires. Celle-ci ne s'explique pas par des différences dans le profil des patients, mais par des choix locaux en matière de gestion des ressources, de tarification et de priorités institutionnelles. Nadia Benahmed et ses collègues mettent en avant, dans le rapport de la Belgian Health Care Knowledge Centre (KCE) 2024, que l'absence de référentiel national structurant le pilotage des blocs, contrairement au modèle français (ANAP), renforce l'hétérogénéité des pratiques.

2.2.2. Les conséquences des écarts

Les écarts entre la planification et la réalité ne sont pas uniquement une question d'efficacité organisationnelle : ils provoquent des conséquences cliniques, humaines et économiques qui influencent la qualité des soins, la sécurité du personnel ainsi que la viabilité financière de l'établissement hospitalier. La littérature indique que ces effets sont cumulatifs au lieu d'être isolés.

2.2.2.1. *Conséquences cliniques pour les patients*

Il existe une relation entre les retards dans les opérations et la dégradation des résultats cliniques. Pincus et al. (2017) démontrent qu'une attente de plus de 48 heures pour la chirurgie d'une fracture de hanche augmente le taux de mortalité à 30 jours, comme l'indiquent les données provenant de plus de 40 000 patients opérés. De plus, McIsaac et al. (2017) illustrent que, dans le domaine de la chirurgie d'urgence, chaque intervalle supplémentaire de temps augmente de manière significative le danger des complications postopératoires et allonge la durée de l'hospitalisation.

En plus des complications biologiques, les délais ont également un impact sur la qualité de vie. Oudhoff et al. (2007) mettent en évidence dans leur étude qu'une attente prolongée avant une intervention amplifie l'anxiété, modifie la perception de l'état de santé et compromet l'expérience globale du patient. Retarder une opération chirurgicale représente donc un facteur de risque sur les plans médical et psychologique.

2.2.2.2. *Conséquences organisationnelles pour les équipes*

Les écarts par rapport au planning provoquent également des conséquences en chaîne sur l'activité du bloc et sur la charge de travail des équipes. Pasquer et al. (2024) ont pu identifier que l'irrégularité des programmes engendre une surcharge de travail, une pression liée au temps, un manque de coordination et une augmentation des erreurs causées par la fatigue. Lorsque le premier cas prend du retard, la journée démarre en tension et la pression pour "rattraper" le planning dégrade la communication et la sécurité.

Wachtel et Dexter (2009) partagent ce point de vue en mettant en avant que les retards du premier cas sont responsables d'une part majeure des débordements en fin de programme. Dans certaines disciplines, comme l'orthopédie, ces décalages peuvent perturber le fonctionnement général du bloc (Ravery et al., 2023).

2.2.2.3. *Conséquences économiques pour l'hôpital*

Une mauvaise gestion du temps d'opération conduit à des pertes directes et indirectes. Comme dit précédemment, Rothstein et Raval (2018) ont mis en évidence que le bloc constitue 40% des dépenses hospitalières tout en générant jusqu'à 70% des recettes. Chaque salle inoccupée ou chaque heure excédentaire représente une perte financière quantifiable. Il est également nécessaire de considérer les coûts indirects, à savoir les heures supplémentaires, la réutilisation des matériaux, une reprogrammation administrative, une diminution de la satisfaction des patients, voire même une diminution de l'attractivité de l'institution.

Pour compléter la dimension des coûts internes déjà mis en évidence par Rothstein et Raval (2018), Hren et al. (2025) indiquent que les retards opératoires provoquent aussi un impact économique à plus grande échelle, touchant l'ensemble du système hospitalier. En effet, ils révèlent, dans leur revue systématique, que la diminution des délais en chirurgie électorive profite non seulement aux patients, mais aussi aux équipes médicales. La diminution des délais constitue donc également un outil direct pour optimiser l'efficacité financière, en réduisant les coûts et en augmentant la capacité réelle de traitement des établissements.

Après avoir pu prendre connaissance de travaux existants sur les écarts de performance et leurs impacts, je peux désormais établir que l'optimisation du fonctionnement du bloc opératoire ne se limite pas à une meilleure gestion des horaires quotidiens. Il s'agit en fait d'un enjeu stratégique ayant un impact sur la performance globale de l'hôpital. C'est ce constat qui est à l'origine de l'utilisation des approches d'optimisation et de simulation, que je vais présenter dans la section suivante.

2.3. Les approches d'optimisation

Cette dernière partie de cette revue de la littérature concerne les approches d'optimisation. On retrouve un point central commun dans la littérature, à savoir que l'optimisation de l'efficacité ne peut pas se limiter à des modifications spontanées ou techniques, mais doit passer par une réorganisation systématique du bloc. Actuellement, deux approches complémentaires prévalent dans les travaux scientifiques et opérationnels : la gestion organisationnelle et l'optimisation par la simulation.

2.3.1. Approches d'optimisation et pilotage

L'optimisation du bloc opératoire se base principalement sur un pilotage structuré, fondé sur la mesure, la prévision et la collaboration interdisciplinaire. Comme expliqué dans la section 1.2, l'ANAP (2016a, 2016b, 2025) suggère un cadre de gouvernance basé sur trois éléments fondamentaux : des indicateurs standardisés, un suivi régulier des opérations et un organe de coordination officiel. Ce modèle de gestion cherche à renoncer à une approche "au quotidien" pour profiter d'une stratégie prévisionnelle basée sur des données concrètes (ANAP, 2016a, 2016b).

Dans le domaine académique, Cardoen, Demeulemeester et Beliën (2010) démontrent que la planification opérationnelle représente le premier levier d'optimisation quantifiable, à condition que celle-ci soit établie sur des périodes opérationnelles réalistes. D'un autre point de vue, comme l'illustrent Dexter et Macario (2002), une planification fondée sur l'historique sans ajustement probabiliste conduit toujours à une sous-évaluation des durées opératoires et à des dépassements structurels. Une partie des travaux récents vise donc à perfectionner l'estimation des durées en se basant sur les données réelles d'activité plutôt que sur les moyennes théoriques.

Avec le développement de l'intelligence artificielle, ce mouvement prend de plus en plus d'ampleur. Dupre et al. (2025) présentent que l'application d'algorithmes prédictifs à un grand nombre d'interventions permet une estimation plus précise du temps passé en salle d'opération. De plus, cela réduit les marges d'erreur opérationnelles. Ce type d'approche ouvre la porte à une gestion automatisée, où les choix de planification se basent sur des modèles probabilistes plutôt que sur le savoir-faire individuel. Cependant, pour être efficace, une telle approche requiert toutefois une très grande quantité d'observations.

D'un autre côté, plusieurs auteurs insistent sur un point fondamental : l'optimisation ne se limite pas à une question de modèles. Fixler et Wright (2013) soulignent que l'efficacité des outils prédictifs dépend de la mise en place d'un changement organisationnel, en particulier sur des éléments tels que le flux de l'information, la transparence des performances et l'engagement des équipes. Ce qui signifie qu'un processus d'optimisation peut échouer non pas à cause de la technique, mais plutôt à cause du manque d'appropriation.

2.3.2. *Simulation et optimisation*

La simulation prend une importance croissante dans les stratégies d'optimisation du bloc, grâce à sa capacité de tester des scénarios organisationnels avant leur mise en œuvre en situation réelle. Van Houdenhoven et al. (2007) mettent en évidence qu'il est possible de réduire de plus de 20% les retards en fin de journée grâce à un simple changement dans l'ordre des interventions, sans nécessiter d'investissement supplémentaire en termes de personnel ou d'espace. Schoenfelder et al. (2021), quant à eux, complètent ce constat en ajoutant que la simulation est aussi un moyen de favoriser l'acceptation du changement : elle permet de visualiser l'effet d'une décision et facilite l'accord entre les professionnels.

Des études plus récentes montrent une fusion entre la simulation et l'optimisation. Al Amin, Baldacci et Kayvanfar (2025), dans leur recherche, distinguent les modèles capables d'analyser

simultanément plusieurs composantes du bloc, comme la gestion du premier cas, l'équilibre entre les urgences et les opérations programmées ou encore la réduction des temps de rotation. Cette approche offre non seulement la possibilité de prévoir les conséquences d'un changement, mais aussi d'identifier la stratégie optimale parmi plusieurs options.

Ces méthodes ont cependant des limites. La simulation ne garantit pas la réussite en opérationnel : elle se base sur des hypothèses et est influencée par la pertinence des données existantes. De plus, elle ne remplace pas la discussion au sein de l'organisation. Par ailleurs, Wang et al. (2021) soulignent que les modèles ayant les meilleures performances sont aussi souvent les plus complexes. Cela ajoute une contrainte supplémentaire à leur appropriation par les acteurs de terrain. De ce fait, les articles s'accordent à voir la simulation non pas comme un instrument de remplacement, mais comme un outil d'assistance à la prise de décision.

3. Méthodologie

3.1. Périmètre de l'étude

Mon étude se base sur le cas de la Clinique Saint-Pierre Ottignies (CSPO), un hôpital général du Brabant wallon disposant de 15 salles d'opération. Pour des raisons de faisabilité, mes observations ont été concentrées sur trois disciplines chirurgicales majeures du bloc opératoire, à savoir :

- l'orthopédie, composée de trois salles d'opération ;
- la neurochirurgie, composée d'une à deux salles selon la disponibilité des chirurgiens ;
- la chirurgie vasculaire et thoracique, composée d'une salle d'opération.

Ces trois disciplines englobent des profils opératoires différents. L'orthopédie et la neurochirurgie relèvent de la chirurgie dite "dure". Ces spécialités se distinguent par des interventions sur des structures rigides (os, colonne vertébrale) et l'utilisation de matériels mécaniques spécifiques (scies, perceuses, plaques, vis) ainsi qu'une forte dimension biomécanique. Cependant, la chirurgie vasculaire et thoracique est considérée comme de la chirurgie "molle", centrée sur la manipulation de tissus et d'organes sensibles. De plus, la précision gestuelle, la gestion du matériel fin ou endovasculaire et la réactivité des équipes face aux risques hémorragiques sont essentielles. Cette sélection m'a permis d'avoir une perspective équilibrée de la réalité du bloc opératoire, en combinant à la fois des spécialités axées sur la manipulation de structures dures et des disciplines plus sensibles à la variabilité des flux et du matériel.

3.2. Collecte de données qualitatives

Dans le but de comprendre le fonctionnement organisationnel de l'hôpital ainsi que les pratiques locales, j'ai mené des entretiens semi-directifs auprès de différents acteurs du bloc et de la direction :

- la responsable du planning et de la performance à la direction des opérations ;
- le coordinateur des blocs opératoires ;
- le chef de service logistique ;
- une attachée de direction générale du centre d'expertise fonctionnelle ;
- le référent informatique du département infirmier ;
- la responsable administrative du service d'orthopédie.

En complément de ces entretiens, j'ai sollicité des échanges avec des acteurs de terrain : l'infirmière-chef du bloc, des infirmiers circulants, des aides de salle ainsi que des

brancardiers. Le croisement entre les entretiens et mes observations m'a permis de vérifier les informations et de mieux comprendre les contraintes quotidiennes du bloc.

Après chaque entretien, j'ai relevé les points récurrents dans un tableau (organisationnels, humains, matériels et logistiques, patients), ce qui m'a ensuite permis de les utiliser dans mon analyse causale.

3.3. Collecte de données quantitatives

Les données utilisées pour mon analyse proviennent de trois sources principales :

- **OMNIPRO** : logiciel de planification utilisé par la clinique Saint-Pierre, qui affiche les plannings théoriques (durées prévues des interventions, heures de début, séquence des patients) ;
- **mes observations directes** : enregistrement prospectif des temps réels (heure d'entrée en salle, durée effective, éventuels retards ou annulations) ;
- **les mouvements enregistrés dans Primuz** par l'hôpital qui affiche les horodatages d'arrivées de zone.

J'ai traité ces données dans Excel en calculant des moyennes, écarts-types et proportions, puis les ai comparées à celles relatives à l'orthopédie, à la neurochirurgie et à la chirurgie vasculaire et thoracique. J'ai notamment examiné la fréquence des retards et leur ampleur moyenne dans les trois disciplines.

3.4. Variables étudiées

La littérature propose de nombreux indicateurs pour évaluer la performance des blocs opératoires (ANAP, 2016b ; Fixler & Wright, 2013 ; Rothstein & Raval, 2018). J'ai cependant retenu dans ce travail les variables que j'estimais pertinentes par rapport aux questions de recherche, prenant également en compte leur accessibilité dans les différents logiciels et leur possibilité d'observation directe.

Les trois dimensions ayant fait l'objet de mon attention sont :

- **les écarts entre le planning et la réalité (durée prévue vs durée réelle)** : j'ai utilisé cet indicateur pour mesurer la précision du système de planification et voir à quelle fréquence et avec quelle ampleur le déroulement réel des interventions s'écarte de l'horaire théorique ;
- **la ponctualité du premier cas** : j'ai comparé les heures prévue et réelle d'entrée du premier patient en salle. Comme il s'agit d'un facteur clé dans les retards en cascade, j'ai distingué les retards liés aux patients (par exemple arrivée tardive ou admission plus

longue que prévu) de ceux liés à l'organisation et à la disponibilité des équipes (chirurgiens, anesthésistes, salles d'opération). Cette distinction permet d'identifier plus finement les marges d'amélioration ;

- **les débordements en fin de programme** : j'ai regardé le nombre de journées dépassant l'horaire prévu, afin de mettre en évidence les impacts organisationnels des écarts de planification.

Ces variables ont été calculées séparément pour l'orthopédie, la neurochirurgie ainsi que la chirurgie vasculaire. Ensuite, elles ont été mises en parallèle pour dégager des tendances globales au sein du bloc opératoire.

3.5. Analyse des écarts

Mon analyse a consisté à confronter la planification des programmes théoriques issus d'OMNIPRO avec mes observations en temps réel de l'occupation des salles d'opération. L'objectif ici est triple :

- **mesurer la fréquence des écarts** (retards, débordements, différences entre durées prévues et réelles) ;
- **évaluer leur ampleur** (opération, journée, discipline) ;
- **identifier les mécanismes explicatifs** : les résultats quantitatifs seront interprétés à l'aide des informations issues des entretiens (facteurs organisationnels, humains ou matériels).

3.6. Analyse des causes

Pour comprendre l'origine de ces écarts, le diagramme d'Ishikawa a été choisi comme grille de lecture afin de regrouper les causes potentielles. Cet outil, largement mobilisé dans l'analyse causale, propose une organisation des facteurs contributifs en différentes catégories (Ishikawa, 1986).

Dans ce travail, j'ai exploité mes notes d'entretiens et d'observations et les ai classées en quatre grandes catégories correspondant au fonctionnement du bloc opératoire. Ces catégories s'inspirent des axes proposés dans la littérature, mais ont été adaptées au contexte de la CSPO.

Ainsi, la disponibilité des équipes médicales (souvent évoquée par les infirmiers circulants et confirmée lors des entretiens avec la direction) a été intégrée dans les facteurs humains. Les problèmes liés à la préparation des salles, à la disponibilité de certains équipements ou aux flux internes (brancardage, circulation, ascenseurs) ont été associés aux facteurs matériels et logistiques. Les procédures de planification et la coordination entre services relèvent des facteurs

organisationnels. Enfin, la ponctualité des patients à l'admission, la complétude des documents et la préparation préopératoire ont été regroupées dans les facteurs liés aux patients.

3.7. Simulation

En complément de l'analyse, j'ai réalisé une simulation visant à évaluer l'effet potentiel de plusieurs pistes d'amélioration que je propose. Cette démarche m'a permis d'estimer, de manière contrôlée, l'impact de cette mesure sur la ponctualité, les retards ainsi que l'utilisation des salles d'opération, tout en considérant son équilibre coût/bénéfice pour l'hôpital.

Le modèle est basé sur une simulation à événements discrets qui reproduit le déroulement d'une journée type au bloc opératoire et qui intègre les aléas observés sur le terrain (retards, annulations, durées opératoires). Les distributions que j'ai utilisées pour les durées et les retards sont empiriques et non paramétriques, la taille de l'échantillon disponible ne permettant pas d'appliquer formellement des lois paramétriques. L'approche non paramétrique permet de reproduire fidèlement la variabilité réelle observée, sans imposer artificiellement des lois de distribution théoriques qui ne seraient pas vérifiables avec l'échantillon disponible.

Le modèle a été développé sous Python 3, à l'aide des bibliothèques NumPy, Pandas et Matplotlib. Mon choix s'est porté sur ce logiciel plutôt qu'un autre de simulation graphique pour trois raisons principales :

- la transparence des hypothèses et des équations utilisées ;
- la reproductibilité complète du modèle, dont le code est joint en annexe E ;
- la flexibilité permettant d'intégrer ultérieurement une composante économique (ROI) directement dans les calculs.

De plus, Python présente l'avantage d'être un logiciel libre, contrairement à la plupart des outils de simulation graphique qui ne sont disponibles qu'en version limitée.

En ce qui concerne les paramètres d'entrée (retards moyens, taux d'annulation, durées opératoires), je les ai calculés sur base des données collectées à la CSPO. Les détails techniques du modèle, les hypothèses de simulation et les résultats obtenus sont présentés dans le chapitre 7, consacré au modèle de simulation.

3.8. Limites de la méthodologie

Afin de garder une perspective critique à ce travail, il me semble pertinent de tenir compte de certaines limites liées à cette méthodologie.

Premièrement, je me suis concentré sur trois disciplines, à savoir l'orthopédie, la neurochirurgie et la vasculaire et thoracique. Les résultats ne reflètent donc pas l'ensemble de l'activité du bloc opératoire. Ces trois disciplines couvrent cependant un spectre large allant de la chirurgie dure à la chirurgie molle, ce qui en renforce la représentativité.

Deuxièmement, la période d'observation est limitée à une durée d'un mois, ce qui ne permet pas de prendre en compte toutes les variations saisonnières et contextuelles (congrés, vacances...).

Troisièmement, pour des raisons de faisabilité, les patients qui constituent mon échantillon étaient des patients prévus à l'électif. En d'autres termes, ce sont les patients se trouvant sur la liste d'attente des chirurgiens et dont la date d'opération est fixée à l'avance. Je n'ai pas pris en compte les patients venant des urgences. Je justifie ce choix par l'organisation spécifique des urgences à la CSPO :

- les urgences vitales sont orientées vers une salle d'opération d'urgence prévue à cet effet ;
- les autres urgences ("rajoutes") sont, dans la grande majorité des cas, réalisées en fin de programme électif ;
- il arrive qu'un chirurgien insère une petite urgence entre deux interventions électives, mais cela relève de décisions ponctuelles liées au contexte clinique plutôt que d'une règle organisationnelle.

L'interruption d'un programme électif pour gérer une urgence n'est envisagée que lorsque la salle dédiée est occupée. Mon analyse porte donc exclusivement sur l'activité élective, ce qui garantit la cohérence méthodologique de la comparaison entre disciplines, tout en reconnaissant que les résultats ne capturent pas l'impact potentiel des urgences sur la planification des salles d'opération.

Quatrièmement, la CSPO ne possède pas de système d'enregistrement et de suivi des patients centralisés. Ce qui rend complexes la récolte de données et la concordance entre celles-ci.

Enfin, les entretiens, bien qu'indispensables, restent subjectifs, car les perceptions varient selon les personnes interrogées.

Pour limiter ces biais, j'ai systématiquement confronté les informations issues des différentes sources (entretiens, OMNIPRO, observations). Cette démarche m'a permis de vérifier leur cohérence et d'augmenter la fiabilité interne de l'étude. La validité externe reste toutefois limitée : les résultats ne peuvent pas être généralisés à tout le bloc, mais ils sont transposables à titre indicatif à d'autres disciplines.

4. Analyse statistique

4.1. Description des données et approche statistique

L'analyse statistique se base sur l'activité élective observée dans les trois disciplines sélectionnées. Les observations ne sont pas enregistrées de manière centralisée : elles proviennent de personnes différentes et de logiciels distincts, ce qui conduit parfois à des erreurs de relevés et des observations aberrantes. C'est pourquoi, après avoir exclu les journées incomplètes ou incohérentes, l'échantillon final comprend 57 journées en orthopédie, 23 en neurochirurgie et 13 en chirurgie vasculaire et thoracique. Ces volumes illustrent simplement l'activité valide disponible à l'issue de la période d'observation d'un mois. *La répartition des volumes observés par discipline est reprise en Annexe A (Figure A.1).*

Lorsque j'ai commencé à examiner les données, j'ai rapidement constaté que les écarts entre les durées prévues et les durées réelles n'étaient pas répartis de manière uniforme et centrée sur une moyenne nulle. Certaines journées présentaient même des dépassements assez importants, parfois bien au-delà d'une heure. Ce type de configuration crée naturellement des valeurs très élevées d'un côté de la distribution, ce qui tire l'ensemble vers les écarts positifs.

Dans ce contexte, les moyennes des durées sont trop sensibles aux observations de quelques journées atypiques. J'ai donc préféré m'appuyer sur des mesures plus robustes, comme la médiane, les quartiles et l'intervalle interquartile (IQR). J'ai néanmoins conservé les moyennes et écarts-types dans les tableaux, car ils restent utiles pour compléter la lecture, même si je ne les utilise pas comme base principale pour l'interprétation.

L'examen statistique sera structuré autour de trois axes :

1. **les écarts cumulés par journée**, permettant d'évaluer l'ampleur globale des dépassements ;
2. **les écarts par intervention**, pour examiner la variabilité intra-journée ;
3. **la ponctualité du premier cas**, déterminante pour comprendre les retards en cascade.

Je ne cherche pas ici à estimer des paramètres ou à tester des hypothèses, étant donné que l'échantillon est limité et non paramétrique, mais le but est plutôt de dégager des tendances fiables pour alimenter l'analyse causale (chapitre 5) et la simulation (chapitre 7).

4.2. Écarts entre planification et réalité

L'analyse des écarts cumulés par journée entre la durée totale prévue et la durée réellement observée met en évidence un phénomène commun aux trois disciplines : les programmes

opératoires tendent à durer plus longtemps que ce qui a été prévu. L'analyse par journée montre que les écarts cumulés varient fortement d'un programme à l'autre. Certaines journées se distinguent par des dépassements nettement plus élevés que les autres, ce qui explique la forte dispersion observée dans les données. Les principaux résultats sont repris à la table 4.1 et résumés à la figure 4.1.

En orthopédie, la médiane des écarts cumulés par journée est de +40 minutes, avec un intervalle interquartile compris entre -36,5 et +84,5 minutes. On peut observer que la dispersion reste modérée par rapport à celles des autres disciplines mais que plusieurs journées dépassent aussi nettement la durée planifiée. Ces résultats montrent une tendance générale à une sous-estimation régulière, principalement liée à l'accumulation de petits écarts sur chaque intervention.

En neurochirurgie, la variabilité est la plus marquée. La médiane atteint +62 minutes, et l'intervalle interquartile s'étend de -54 à +130,75 minutes. Plusieurs journées dépassent les deux heures de retard cumulé. Les interventions sont souvent longues et leur durée est difficile à prévoir, ce qui peut contribuer à la dispersion importante observée, notamment pour les cas de tumeurs cérébrales. Ces résultats suggèrent que la variabilité propre à la discipline amplifie fortement l'impact des écarts sur la durée totale des programmes.

En chirurgie vasculaire et thoracique, la médiane est de +28 minutes, avec un intervalle interquartile compris entre -44 et +59 minutes. Le faible nombre d'observations rend la distribution plus sensible aux cas atypiques. Deux journées ont notamment été fortement allongées en raison de complications peropératoires, ce qui contribue à l'asymétrie observée et limite la généralisation des résultats pour cette discipline.

En combinant **l'ensemble des disciplines**, la médiane globale des écarts par journée est de +39 minutes, pour un intervalle interquartile allant de -47 à +98 minutes. Cette dynamique confirme une tendance générale à la sous-évaluation des durées opératoires, avec une variabilité fortement influencée par les cas extrêmes observés en neurochirurgie et en chirurgie vasculaire.

L'histogramme des écarts cumulés, toutes disciplines confondues, est en Annexe A (Figure A.2).

Ces résultats sont à interpréter dans un contexte où la capacité du bloc opératoire apparaît déjà fortement contrainte. Le temps de salle effectivement disponible est largement mobilisé par l'activité élective et complété de manière systématique par la prise en charge d'urgences, inhérentes au fonctionnement du bloc. Dans ce cadre, une augmentation du nombre de patients électifs ne constitue pas une option réaliste à court terme. Les marges d'amélioration se situent

dès lors principalement au niveau de l'organisation et de l'utilisation des ressources existantes, plutôt que dans une modification du volume d'activité.

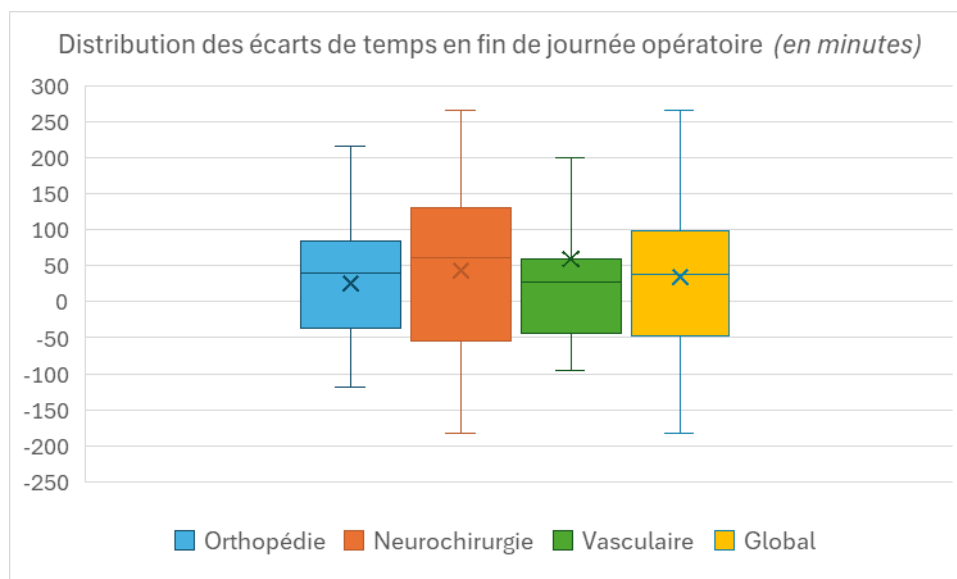


Figure 4.1 : Distribution des écarts de temps entre durée prévue et durée réelle en fin de journée opératoire. Le rectangle correspond à l'intervalle interquartile ($Q1-Q3$), la ligne centrale représente la médiane, la croix représente la moyenne et les moustaches correspondent aux valeurs minimale et maximale après exclusion des valeurs aberrantes

Discipline	Nombre d'échantillons	Médiane	Q_1	Q_3	IC 95%, borne inf.	IC 95%, borne sup.
Orthopédie	57	40	-36,5	84,5	17,83	62,17
Neurochirurgie	23	62	-54	130,75	9,58	114,42
Vasculaire	13	28	-44	59	-77,41	133,41
Vision Globale	93	39	-47	98	16,65	61,35

Table 4.1 : Analyse des écarts (en minutes) entre durée prévue et réelle d'une journée opératoire (médiane et quartiles). Une valeur positive traduit une sous-estimation de la durée réelle.

Des statistiques complémentaires (moyennes et écarts-types) sont fournies en Annexe A (Table A.1)

Trois éléments principaux ressortent de cette analyse :

- la médiane est positive dans toutes les disciplines, ce qui signifie une sous-estimation structurelle des durées prévues ;
- la dispersion varie fortement selon les spécialités : la neurochirurgie présente les écarts typiques (IQR) les plus élevés, tandis que la chirurgie vasculaire est particulièrement sensible aux valeurs extrêmes en raison du faible nombre d'observations ;
- les valeurs extrêmes jouent un rôle majeur, ce qui justifie l'usage d'une approche non paramétrique et ainsi qu'une préférence pour l'utilisation de la médiane au lieu de la moyenne.

4.3. Écarts par intervention

Cette section analyse les écarts entre la durée prévue et la durée réelle à l'échelle de chaque intervention, sur un total de 320 opérations valides au cours de 93 journées. L'objectif est d'identifier les profils propres à chaque discipline, indépendamment des effets d'accumulation observés au niveau des journées complètes. L'analyse de la durée des écarts par intervention est résumée à la table 4.2. *L'annexe B présente les distributions détaillées par spécialité (Figure B.1), ainsi que la représentation graphique (Figure B.2) et la répartition des observations (Figure B.3). Les statistiques basées sur les moyennes et écarts-types sont également reprises en annexe, à la Table B.1.*

En orthopédie, la médiane de l'écart par intervention est de +4 minutes, avec un intervalle interquartile allant de -16 à +26 minutes. La majorité des interventions restent donc proches des durées annoncées, même si de petits écarts successifs peuvent, en pratique, s'additionner au cours de la journée.

En neurochirurgie, la médiane atteint +7 minutes et l'IQR s'étend de -19,5 à +29,25 minutes. Les écarts sont plus hétérogènes, ce qui reflète le caractère plus variable de certaines interventions, en particulier celles dont la durée dépend fortement des conditions peropératoires.

En chirurgie vasculaire et thoracique, la médiane est de +10 minutes (IQR : -33 à +32 minutes). Le plus faible nombre d'observations rend cette discipline plus sensible aux écarts atypiques, notamment lors d'interventions prolongées par des événements imprévus.

Toutes disciplines confondues, la médiane globale est de +5 minutes, pour un IQR allant de -16,25 à +28 minutes.

<i>Discipline</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Médiane</i>	<i>Q₁</i>	<i>Q₃</i>	<i>IC 95%, borne inf.</i>	<i>IC 95%, borne sup.</i>
<i>Orthopédie</i>	220	4	-16	26	-1,26	9,26
<i>Neurochirurgie</i>	70	7	-19,5	29,25	-7,75	21,75
<i>Vasculaire</i>	30	10	-33	32	-12,44	32,44
<i>Vision Globale</i>	320	5	-16,25	28	-0,21	10,21

Table 4.2 : Analyse des écarts (en minutes) entre durée prévue et réelle d'une intervention (médiane et quartiles).
Une valeur positive indique une sous-estimation de la durée réelle.

4.4. Début tardif

La ponctualité du premier cas joue un rôle important dans le déroulement d'une journée opératoire. Comme le rappellent Wachtel et Dexter (2009), un démarrage tardif a tendance à se répercuter sur l'ensemble du programme et à augmenter le risque de débordements en fin de journée. Pasquer et al. (2024) montrent également que ce type de décalage initial contribue à créer une pression temporelle sur les équipes et à dégrader la coordination au fil de la journée. Dans ce contexte, analyser spécifiquement le début tardif permet de mieux comprendre l'origine de certains écarts mis en évidence dans les sections précédentes. Les principaux résultats sont repris à la table 3. *L'histogramme global des débuts tardifs se trouve en Annexe C (Figure C.1).*

L'analyse repose ici sur les 93 "premières interventions" exploitables. Par convention, j'ai considéré un délai inférieur à 15 minutes comme un aléa acceptable lié à la préparation du patient ou du matériel ; au-delà, je considère qu'il s'agit d'un retard réel susceptible d'affecter l'ensemble du programme.

En orthopédie, la médiane du début tardif est de 18 minutes (IQR : 14–22). La dispersion limitée suggère une organisation globalement stable, même si le démarrage à l'heure reste l'exception plutôt que la règle.

En neurochirurgie, la médiane atteint 22,5 minutes, avec un intervalle interquartile plus large (5–29,25 minutes). Les retards y sont plus irréguliers, ce qui est cohérent avec la complexité du matériel, de l'installation des patients et de certaines situations préopératoires.

En chirurgie vasculaire et thoracique, la médiane s'élève à 28 minutes (IQR : 21–40), soit les retards les plus importants des trois disciplines. Le nombre plus restreint d'observations accentue naturellement la variabilité, mais les retards observés restent globalement plus marqués, notamment en raison de préparations matérielles plus longues.

Toutes disciplines confondues, la médiane du début tardif est de 20 minutes (IQR : 14–25). Les moyennes sont plus élevées, mais elles sont influencées par quelques valeurs extrêmes et ne constituent donc pas la mesure la plus représentative. *La distribution détaillée des écarts par discipline est présentée en Annexe C (Figure C.2).*

L'origine des retards n'est pas majoritairement liée aux patients, comme le montre l'examen des causes présenté dans la table 4. *La distribution relative par discipline de la fréquence des problèmes de coordination de l'équipe médicale est illustrée à la figure C.3 de l'Annexe C.*

Sur les 88 retards identifiés :

- **51** sont attribués à des problèmes de coordination de l'équipe médicale (CEM) ;
- **34** correspondent à un délai acceptable (< 15 minutes) lié à la préparation ;
- **2** résultent d'une urgence prioritaire ;
- **1** seul est lié à un retard patient sur ma période d'observation mais le taux de retard patient est habituellement de l'ordre de 5% (et aucun en vasculaire et thoracique, où les patients sont hospitalisés la veille).

<i>Discipline</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Médiane</i>	<i>Q₁</i>	<i>Q₃</i>	<i>IC 95%, borne inf.</i>	<i>IC 95%, borne sup.</i>
<i>Orthopédie</i>	57	18,0	14	22	15,86	20,14
<i>Neurochirurgie</i>	23	22,5	5	29,25	15,67	29,33
<i>Vasculaire</i>	13	28,0	21	40	8,74	47,26
<i>Vision Globale</i>	93	20,0	14	25	16,70	23,30

Table 4.3 : Analyse des temps de début tardif (en minutes) pour chaque discipline (médiane et quartiles).
Les statistiques moyennes et écarts-types des débuts tardifs sont en Annexe C (Table C.1).

<i>Discipline</i>	<i>Nombre total d'opérations</i>	<i>AA</i>	<i>CEM</i>	<i>UR</i>	<i>RP</i>	<i>Nombre total de débuts tardifs</i>
<i>Orthopédie</i>	57	27	27	1	1	56
<i>Neurochirurgie</i>	23	5	14	1	0	20
<i>Vasculaire</i>	13	2	10	0	0	12
<i>Vision Globale</i>	93	34	51	2	1	88

Table 4.4 : Analyse de fréquence des causes de début tardif.
AA = Aléa acceptable, *CEM* = coordination équipe médicale, *UR* = urgence, *RP* = retard patient.

En conclusion, trois constats principaux émergent de cette analyse :

- Les trois disciplines présentent un retard systématique supérieur au seuil de 15 minutes, ce qui renvoie davantage à un phénomène structurel qu'à des aléas isolés.
- La variabilité est plus marquée en neurochirurgie et en vasculaire, ce qui rend la maîtrise de la ponctualité du premier cas plus incertaine dans ces disciplines.
- La plupart des retards proviennent de facteurs organisationnels, en particulier de la coordination de l'équipe médicale et non de la ponctualité des patients.

Ces résultats rejoignent les constats de la littérature sur l'effet domino du premier cas et alimentent directement l'analyse causale du chapitre 5 (diagramme d'Ishikawa).

5. Analyse causale des retards et des dépassements au bloc opératoire

5.1. Objectif et démarche d'analyse causale

Sur base des résultats obtenus dans le chapitre 4, j'ai pu constater la présence de retards récurrents au démarrage du premier cas ainsi que des dépassements de temps cumulés en fin de programme opératoire. Ces phénomènes présentent une dimension structurelle et ne peuvent pas s'expliquer uniquement par des aléas ponctuels.

Le but de ce chapitre est d'identifier et d'analyser les causes sous-jacentes de ces dysfonctionnements, en me basant sur une démarche d'analyse causale inspirée du diagramme d'Ishikawa. J'ai d'abord organisé les causes à un niveau général en quatre catégories (organisationnel, humain, logistique, patient). Ensuite, afin de pouvoir proposer des leviers d'action concrets, je les ai analysées de manière plus approfondie lorsque leur importance selon les résultats du chapitre 4 le justifiait.

J'ai mobilisé des données quantitatives lorsque celles-ci étaient disponibles. Cependant, pour certaines dimensions organisationnelles ne faisant pas l'objet d'une traçabilité objective (notamment les horaires de présence des équipes), j'ai exploité les informations issues des entretiens avec le coordinateur du bloc pour établir une hiérarchie relative des causes.

Le diagramme d'Ishikawa présenté en Figure 5.1 constitue un outil de structuration de l'analyse causale. Les catégories qui y figurent correspondent aux grands ensembles de causes analysés dans les sections suivantes. Les sections 5.2.1 à 5.2.3 développent plus spécifiquement les facteurs organisationnels et humains liés au démarrage du premier cas, tandis que la section 5.3 approfondit les facteurs organisationnels associés à la planification et au calibrage des durées opératoires. Les facteurs liés aux patients, identifiés comme marginaux, sont traités en section 5.2.4.

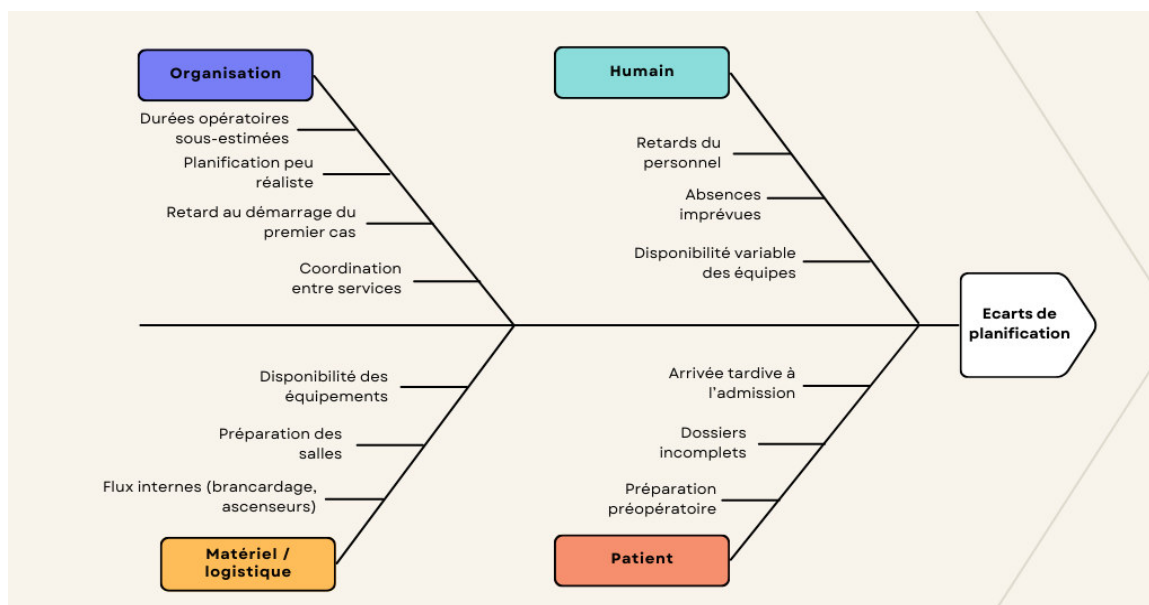


Figure 5.1 : Diagramme d'Ishikawa des causes des écarts entre la planification et le déroulement réel des journées opératoires.

5.2. Causes des retards au démarrage du premier cas

5.2.1. Facteurs organisationnels et humains : coordination du démarrage du premier cas

J'ai constaté que **51 retards sur 88** sont attribués à des problématiques que j'ai regroupées sous le nom de "coordination de l'équipe médicale". Cette cause déclenchante constitue dès lors celle la plus observée des retards au démarrage du premier cas. Ce niveau de généralité ne me permet pas d'identifier des leviers d'amélioration. Une analyse plus fine des mécanismes organisationnels sous-jacents est donc nécessaire.

Bien que les retards au démarrage du premier cas ne soient pas systématiques, mes observations montrent qu'ils peuvent avoir des répercussions au-delà de la seule salle concernée. En raison du partage de certaines ressources critiques au sein du bloc opératoire (infirmières, brancardiers, anesthésiste), un démarrage tardif dans une salle peut perturber l'organisation d'autres salles et engendrer des effets de propagation à l'échelle du bloc, contribuant ainsi à la désorganisation globale de la journée opératoire.

5.2.1.1. Décomposition des sous-causes de coordination

En raison d'une absence de traçabilité objective des horaires de présence (notamment l'absence d'un système de badging), j'ai complété mon analyse en combinant les observations de terrain et les informations issues des entretiens réalisés auprès des équipes du bloc opératoire. Leur synthèse est reprise dans la table 5.1 ci-dessous.

<i>Sous-cause identifiée</i>	<i>Nombre de cas (N)</i>	<i>Pourcentage</i>
<i>Arrivée tardive du chirurgien</i>	34	66,6%
<i>Réalisation de tâches non chirurgicales pendant la journée opératoire (prise de RDV, mails,...)</i>	13	25,5%
<i>Cause extra bloc (matériel, brancardage)</i>	3	5,88%
<i>Indisponibilité de l'anesthésiste au moment prévu</i>	1	1,9%

Table 5.1 : Sous-causes qualitatives associées à la coordination de l'équipe médicale. (N=51).

Les pourcentages présentés ci-dessus doivent être interprétés comme des ordres de grandeur issus de l'analyse des situations observées et des entretiens, et non comme des mesures exhaustives issues d'un système de traçabilité automatisé. Ils permettent néanmoins d'identifier clairement les mécanismes dominants à l'origine des problèmes de coordination.

5.2.1.2. *Analyse approfondie de la sous-cause principale*

L'arrivée tardive du chirurgien, identifiée comme la sous-cause la plus fréquemment observée, s'explique principalement par des mécanismes organisationnels. Sur base de mes observations de terrain, j'ai pu comprendre que l'activité au bloc opératoire est aussi en concurrence avec d'autres obligations cliniques, telles que les consultations, les visites en service, ou d'autres tâches administratives.

En raison d'une absence de règles formalisées définissant l'ordre de priorité entre ces différentes activités, le démarrage du programme opératoire dépend fortement de la disponibilité individuelle du chirurgien. Cette situation génère une variabilité importante des horaires de début et rend le respect du planning particulièrement sensible aux arbitrages effectués en amont du premier cas.

Par ailleurs, la responsabilité du respect de l'heure de démarrage n'est pas clairement attribuée et il n'existe pas de convention explicite qui définit un horaire de présence "attendu" avant le début de la première opération. Enfin, l'absence de traçabilité objective des heures d'arrivée (par exemple via un système de badging) limite la capacité à objectiver et suivre ce phénomène dans le temps, ce qui rend complexes le pilotage et l'évaluation de mesures correctrices.

5.2.2. *Facteurs organisationnels : aléas acceptables et marge de sécurité insuffisante*

La seconde cause la plus influente est les événements que j'ai catégorisés comme des aléas acceptables (**34 retards sur 88**). Ils correspondent à des décalages inférieurs à 15 minutes. En

prenant en compte ces retards relativement faibles de manière isolée et de leur impact limité sur la planification, ils peuvent être considérés comme inhérents au fonctionnement normal d'un bloc opératoire.

Selon mes observations en temps réel ainsi qu'à la suite des entretiens que j'ai menés, ces aléas sont dus à des perturbations dans les flux internes de l'hôpital, notamment l'indisponibilité ponctuelle de brancardiers qui peuvent être déjà occupés ou des défauts de coordination et de communication entre les différents services impliqués dans la préparation du premier cas. Ces mécanismes ne relèvent pas d'événements exceptionnels, mais de situations récurrentes observées au quotidien.

Cependant, cette fragilité devient particulièrement problématique lorsque le démarrage du premier cas est déjà retardé par d'autres causes, réduisant d'autant la capacité du programme à absorber les aléas ultérieurs au cours de la journée.

5.2.3. Facteurs organisationnels : urgences opératoires

Selon mon analyse statistique, les urgences intégrées directement dans la planification représentent **2 cas sur 88** dans l'échantillon analysé. Bien que leur impact ponctuel puisse être significatif, leur faible fréquence sur la période étudiée ne me permet pas de les considérer comme un facteur explicatif majeur des retards structurels observés.

5.2.4. Facteurs liés aux patients : arrivée tardive

Durant ma période d'observation, les retards imputables aux patients sont restés marginaux (**1 cas sur 88**). Ce retard était lié à une préparation préopératoire incomplète, ce qui se produit rarement mais entraîne un décalage immédiat du premier cas lorsque cela survient.

Dans le contexte de la CSPO, les causes liées aux patients sont marginales et ne constituent pas un levier prioritaire d'amélioration du fonctionnement global du bloc opératoire. Cette contribution marginale s'explique par le fait que la clinique a déjà mis en place des mécanismes pour limiter ces facteurs, notamment par l'envoi de SMS de rappel et la prise de rendez-vous pour une préadmission.

5.3. Causes des dépassements en fin de programme

Au-delà des retards au démarrage, l'analyse statistique m'a permis de mettre en évidence des dépassements cumulés en fin de journée, avec une médiane globale d'environ +39 minutes. Ce phénomène montre une inadéquation structurelle entre les durées théoriques planifiées et les durées réellement observées.

Les durées opératoires planifiées sont actuellement définies principalement par le chirurgien responsable de l'intervention, sur base de son expérience individuelle. En absence d'un recalibrage systématique basé sur les durées historiquement observées et sur leur variabilité, cette modalité de planification conduit à une sous-estimation structurelle des temps nécessaires.

Plusieurs mécanismes contribuent à cette inadéquation :

- l'absence de mise à jour régulière des durées à planifier sur base des données réelles ;
- la non-intégration explicite des temps d'installation et de rotation ;
- la forte variabilité intrinsèque de certaines catégories d'interventions ;
- l'absence de marges de sécurité formalisées.

Cette sous-estimation limite la capacité du bloc opératoire à absorber les retards initiaux sans générer de dépassement en fin de journée.

5.4. Synthèse des causes prioritaires et leviers actionnables

L'analyse causale met en évidence deux mécanismes complémentaires.

D'une part, le retard au démarrage du premier cas, principalement lié à des problématiques de coordination et à l'absence de règles formalisées ainsi que de traçabilité des horaires de présence, constitue la cause déclenchante la plus fréquemment observée des écarts de planification.

D'autre part, l'inadéquation entre les durées planifiées et les durées réellement observées, liée à un calibrage insuffisamment robuste du programme opératoire, apparaît comme une cause structurelle, limitant la capacité du bloc opératoire à absorber ces retards initiaux sans générer de dépassement en fin de journée.

À partir de ces constats, deux leviers d'amélioration prioritaires peuvent être identifiés :

- (1) l'amélioration de la coordination autour du démarrage du premier cas ;
- (2) le recalibrage du programme opératoire afin d'en renforcer la robustesse.

Ces constats orientent naturellement les pistes d'amélioration vers des leviers organisationnels, de pilotage et de recalibrage du programme opératoire. L'impact potentiel de ces leviers sera évalué au chapitre 7 à l'aide d'indicateurs de performance issus du référentiel ANAP, dont les valeurs observées dans la situation actuelle serviront de base de référence pour les simulations.

6. Pistes d'amélioration

6.1. Objectif et logique des pistes d'amélioration

Grâce à l'analyse causale développée dans le chapitre précédent, j'ai pu identifier les causes principales des écarts observés entre la planification théorique et le déroulement réel des journées opératoires. Ces causes relèvent majoritairement de mécanismes organisationnels, en particulier la coordination autour du démarrage du premier cas et le calibrage insuffisamment robuste des durées opératoires.

Je propose dans ce chapitre des pistes d'amélioration qui ciblent dès lors ces causes identifiées comme dominantes. L'objectif de ces pistes n'est pas de proposer des solutions idéales ou exhaustives, mais d'identifier des leviers organisationnels concrets susceptibles d'améliorer les indicateurs de performance du bloc opératoire.

Ces propositions s'inscrivent dans une logique progressive et réaliste, en prenant en compte les contraintes de terrain observées lors de la période d'étude. Elles sont structurées autour de trois axes principaux :

- (1) l'amélioration de la coordination autour du démarrage du premier cas,
- (2) le renforcement du pilotage et de la traçabilité des horaires,
- (3) et le recalibrage du programme opératoire afin d'en renforcer la robustesse.

6.2. Amélioration de la coordination autour du démarrage du premier cas

Les premières pistes d'amélioration concernent les retards au démarrage du premier cas, qui constituent la cause déclenchante la plus fréquente des écarts observés entre la planification et le déroulement réel des journées opératoires. Ces retards sont principalement liés à des difficultés de coordination entre les différents acteurs impliqués dans le démarrage de l'activité au bloc opératoire.

Au cours de mes observations, j'ai constaté qu'il n'existe pas de cadre organisationnel clairement formalisé autour du démarrage du premier cas, ce qui laisse une large place à l'interprétation individuelle et génère une variabilité importante des horaires de début.

Une première piste d'amélioration consiste dès lors à clarifier ce cadre organisationnel, au travers de la définition concrète d'un horaire de présence attendu au bloc opératoire pour les acteurs clés

du premier cas, en particulier le chirurgien et l'anesthésiste. L'objectif n'est pas d'imposer une contrainte rigide, mais de rendre explicites les attentes organisationnelles et de réduire les incertitudes observées autour du démarrage de la journée opératoire.

Par ailleurs, j'ai remarqué que la responsabilité du respect de l'heure de démarrage n'est actuellement pas clairement attribuée. En pratique, aucun acteur n'est formellement identifié comme responsable du démarrage effectif du programme opératoire. La désignation explicite d'un rôle de supervision et d'autorité, par exemple, confié au coordinateur du bloc opératoire, permettra d'anticiper plus facilement les situations à risque et d'intervenir en amont lorsque des retards sont prévisibles.

Une autre piste concerne la gestion des activités cliniques concurrentes au moment du démarrage du programme opératoire. Les observations montrent qu'en l'absence de règles explicites définissant la priorité du bloc opératoire par rapport aux consultations, visites en service ou autres tâches administratives, les arbitrages sont laissés à l'appréciation individuelle. L'instauration de règles organisationnelles claires reconnaissant le démarrage du premier cas comme un moment clé du programme opératoire contribuera à sécuriser l'enchaînement de la journée.

Enfin, ces mesures de coordination pourront être renforcées par une meilleure anticipation des contraintes opérationnelles, notamment via une communication plus structurée en amont entre le coordinateur du bloc et les équipes médicales concernées par le premier cas. Une telle organisation permettra de faire du démarrage du programme opératoire un processus anticipé et piloté, plutôt qu'un événement subi, limitant ainsi les retards initiaux et leurs répercussions sur l'enchaînement des interventions au cours de la journée.

À titre exploratoire, d'autres leviers plus incitatifs peuvent également être envisagés, tels que des mécanismes financiers liés à l'utilisation des salles d'opération. Dans certaines situations, la facturation du temps de salle à un responsable, le chirurgien, par exemple, comme cela se pratique déjà dans certaines spécialités (comme en ophtalmologie), constitue un encouragement à respecter le planning. Toutefois, la faisabilité et l'acceptabilité de ce type de mesure dépendent fortement du statut contractuel du responsable et des équilibres institutionnels en place. Cette option dépasse dès lors le cadre de cette étude et nécessiterait une réflexion approfondie au niveau de la gouvernance de l'hôpital.

6.3. Renforcement du pilotage et de la traçabilité des horaires

Les pistes d'amélioration développées dans les sections précédentes supposent que le bloc opératoire soit en mesure d'objectiver les retards observés et d'en assurer un suivi dans le temps.

Or, au cours de mes observations, j'ai constaté que, si l'heure d'incision est enregistrée et constitue un indicateur fiable du début de l'acte opératoire, certaines étapes clés en amont du démarrage du programme ne font pas l'objet d'une traçabilité formalisée.

En particulier, les horaires d'arrivée du personnel et l'heure d'entrée du patient en salle ne sont pas systématiquement enregistrés. Cette situation limite la capacité à analyser finement les mécanismes à l'origine des retards observés et à distinguer les différentes sources de décalage en amont de l'incision.

Dans ce contexte, une piste d'amélioration consiste à renforcer le pilotage du bloc opératoire par la mise en place d'outils simples de suivi des horaires, adaptés aux contraintes du terrain. L'objectif n'est pas de contrôler individuellement les acteurs, mais de disposer d'éléments factuels permettant de mieux comprendre le fonctionnement réel du bloc et d'objectiver les écarts observés.

Une première action concrète consiste non seulement à relever l'heure réelle de démarrage du premier cas, mais surtout à en assurer un suivi systématique dans le temps, en la comparant de manière structurée à l'heure planifiée. Cet indicateur, déjà mobilisé ponctuellement dans l'analyse statistique du chapitre 4, permettra de rendre visibles les retards récurrents, d'en suivre l'évolution et de servir de base commune de discussion entre les différents acteurs impliqués dans l'organisation du bloc opératoire.

Sur le plan pratique, ce suivi pourra s'appuyer sur des modalités de collecte simples, par exemple via un encodage manuel réalisé par l'équipe du bloc ou par le coordinateur du bloc opératoire. La mise en place d'un système de pointage formel ne paraît pas indispensable à ce stade et pourrait susciter des résistances organisationnelles. Une approche plus légère permettra au contraire de concilier faisabilité opérationnelle et amélioration du pilotage.

Enfin, ces données pourront alimenter une démarche d'amélioration continue en servant de support à des échanges réguliers entre les équipes sur l'organisation du démarrage du programme opératoire. Le renforcement de la traçabilité permettra ainsi de passer d'un constat qualitatif, issu des observations de terrain, à un pilotage plus structuré du bloc opératoire.

6.4. Recalibrage du programme opératoire

Sur base de l'analyse statistique du chapitre 4, j'ai pu mettre en évidence, dans l'analyse causale développée au chapitre 5, que les dépassements observés en fin de programme ne peuvent pas s'expliquer uniquement par les retards au démarrage du premier cas. Même lorsque le programme

débute à l'heure prévue, j'ai pu remarquer la présence de dépassements cumulés en fin de journée, dont la médiane atteint environ +39 minutes. Ces constats montrent un problème plus structurel lié à la manière dont le programme opératoire est construit.

Dans la programmation actuelle, les durées opératoires planifiées reposent principalement sur l'estimation du chirurgien responsable de l'intervention, sur base de son expérience individuelle. Si d'un point de vue clinique cette approche est compréhensible, elle ne permet pas toujours d'intégrer la variabilité réelle des interventions ni les écarts cumulés qui apparaissent au fil de la journée. L'absence d'un recalibrage systématique fondé sur les durées effectivement observées, autrement dit basé sur l'historique du temps opératoire de chaque opération, tend à construire un programme opératoire dont la marge de robustesse est limitée.

Pour améliorer cette situation, je propose de recalibrer les durées opératoires sur base d'une prédiction réalisée à partir des durées actuellement prévues. Une analyse de corrélation entre les valeurs historiques des durées réelles et celles des durées prévues permettra d'établir s'il y a un lien entre elles. Une régression linéaire, par exemple, pourra alors être exploitée pour prédire les durées effectives à prendre en considération, en remplacement des durées actuellement prévues, pour la construction de programmes plus réalistes et plus robustes, sans pour autant remettre en cause l'expertise clinique du chirurgien.

Utiliser de meilleures estimations des durées réelles d'intervention et des temps d'occupation de salle apportera l'avantage d'anticiper plus finement les risques de débordement en fin de programme, et donc les coûts associés à ces dépassements (heures supplémentaires, mobilisation prolongée des équipes). En outre, il sera alors également possible d'optimiser la gestion des différentes salles du bloc opératoire, en facilitant une répartition plus équilibrée des interventions entre celles-ci lorsque cela est pertinent.

Enfin, j'ai constaté à travers mes observations de terrain que certains temps non opératoires, tels que l'installation du patient ou le temps de rotation, ne sont pas intégrés de manière explicite dans la planification. Leur omission contribue à sous-estimer la charge réelle du programme opératoire et accentue les écarts entre la planification théorique et le déroulement effectif de la journée.

Le recalibrage du programme opératoire suppose également une évolution dans la manière dont celui-ci est élaboré. Une planification réalisée en collaboration avec le coordinateur du bloc opératoire, qui dispose d'une vision globale, permettra d'ajuster les durées prévues de manière plus cohérente avec les contraintes organisationnelles et la réalité opérationnelle.

Cette piste ne diminue en aucune manière la capacité effective du bloc opératoire, mais améliore la correspondance entre le programme prévu et le déroulement réel des journées opératoires. C'est sur cette base que j'ai réalisé des simulations qui seront présentées dans le prochain chapitre, dans le but d'évaluer dans quelle mesure un programme recalibré pourra contribuer à limiter les dépassements observés en fin de journée, à ressources constantes.

7. Modèle de simulation

7.1. Objectif

La première étude vise à évaluer la réduction possible de l'incertitude vis-à-vis de la durée effective des interventions prévues dans le programme du bloc opératoire au moyen d'une calibration basée sur une prédiction des temps réels d'intervention. Cette prédiction repose sur l'analyse de l'historique des opérations pour chaque discipline et cherche à extraire un lien entre la durée initiale prévue au programme et la durée réelle observée.

La seconde étude simule l'impact d'une amélioration organisationnelle du premier cas sur le temps de démarrage tardif moyen et sa variabilité.

Les simulations que je propose ici consistent à soumettre les programmes initiaux tels que prévus pendant la période d'observation à l'épreuve de ces pistes d'amélioration.

7.2. Calibrage des durées d'intervention

Les observations relevées constituent un modèle empirique qui définit une référence de la situation actuelle. Les durées prévues et réelles de chacune des opérations observées ainsi que les temps de début tardif de chaque journée d'opération sont collectés dans un tableau Excel où sont calculés indépendamment pour chaque discipline les paramètres statistiques. Le nombre d'interventions et le nombre de journées sont respectivement, pour chaque discipline, de 221 et 57 en orthopédie, de 70 et 23 en neurochirurgie et de 29 et 13 en chirurgie vasculaire.

Les figures 7.1, 7.2 et 7.3 présentent pour chaque discipline l'évolution des temps réels d'opération en fonction des temps prévus. Chaque discipline présente une grande variabilité des valeurs des durées réelles pour une même valeur de durée prévue.

Je propose deux méthodes de calibrage distinctes. La première consiste en un calibrage statistique qui effectue une régression linéaire afin de définir une relation permettant de prédire les temps réels sur base des temps prévus. La seconde méthode est un calibrage plus réaliste, car j'introduis une contrainte imposant qu'une durée prévue nulle doive théoriquement conduire à un temps réel nul également. Les durées réelles sont alors prédites au moyen d'un simple coefficient de proportionnalité, calculé sur base du rapport entre les moyennes des durées réelles et prévues d'une opération.

Les équations des calibrages statistiques et réalistes sont présentées pour chaque discipline à la table 7.1, de même que les coefficients de corrélation associés aux régressions linéaires. En

particulier, la discipline vasculaire présente à la fois une grande dispersion et un faible nombre d'observations (figure 7.3), ce qui conduit à un modèle moins significatif et un plus faible coefficient de corrélation.

Le calibrage réaliste conduit à des résultats similaires en orthopédie et en chirurgie vasculaire, où le temps d'opération prévu devrait être augmenté de 6,2% à 6,3%, alors qu'en neurochirurgie, le temps d'opération prévu devrait être augmenté de près de 9,4%.

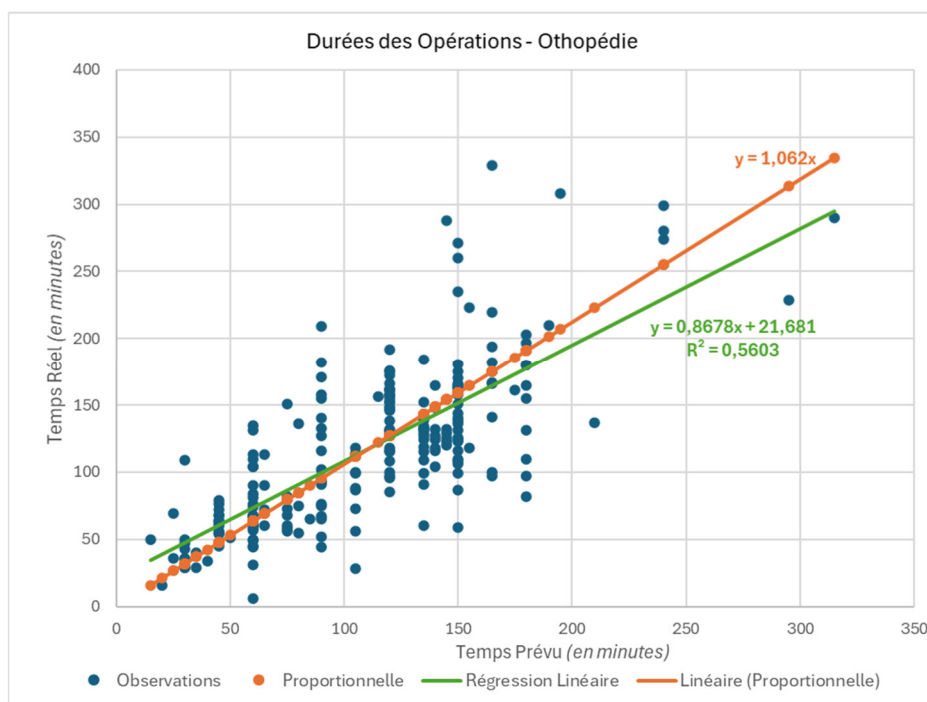


Figure 7.1 : Évolution des temps réels d'opération en orthopédie en fonction des temps prévus.

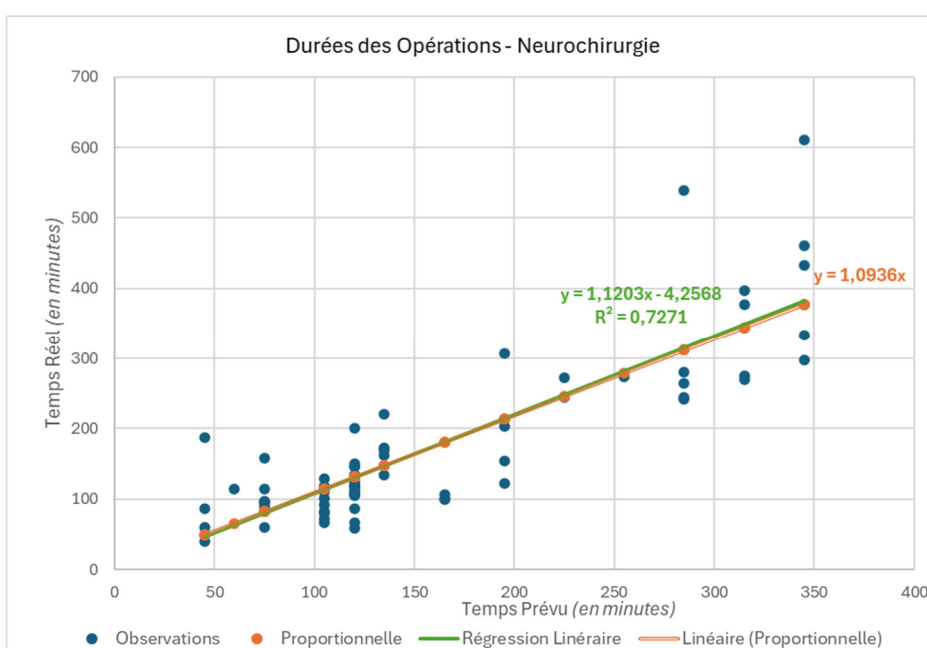


Figure 7.2 : Évolution des temps réels d'opération en neurochirurgie en fonction des temps prévus.

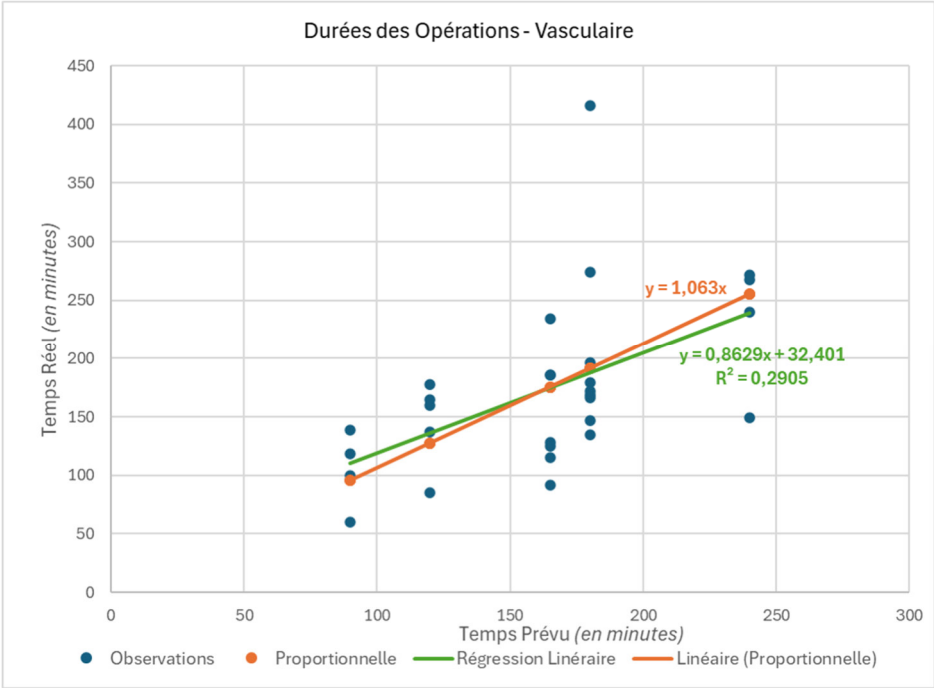


Figure 7.3 : Évolution des temps réels d’opération en vasculaire en fonction des temps prévus.

Calibrage	Temps estimé d’intervention (en minutes)	Coefficient de corrélation
Orthopédie		
Statistique	$\text{Temps prévu} \times 0,8678 + 21,681$	0,7485
Réaliste	$\text{Temps prévu} \times 1,062$	
Neurochirurgie		
Statistique	$\text{Temps prévu} \times 1,1203 - 4,2568$	0,8527
Réaliste	$\text{Temps prévu} \times 1,0936$	
Vasculaire		
Statistique	$\text{Temps prévu} \times 0,8629 + 32,401$	0,5390
Réaliste	$\text{Temps prévu} \times 1,063$	

Table 7.1 : Équations des régressions linéaires et coefficients de corrélation associés, par discipline.

7.3. Organisation opérationnelle du premier cas

L’objectif est de simuler l’impact d’une amélioration organisationnelle générale permettant d’augmenter la proportion de premiers cas à l’heure. Le temps de démarrage tardif est considéré comme nul en fonction d’un niveau de probabilité d’efficacité des mesures mises en place. Si le seuil de probabilité n’est pas atteint, c’est le temps de démarrage tardif réel qui est considéré. Ceci permet de relier l’efficacité des incitants mis en place aux gains de temps moyens attendus.

Un seuil de probabilité de 0% correspond à la situation actuelle et sert donc de référence. Les valeurs de probabilité supplémentaire de débiter à l'heure de 25%, 50%, 75% et 100% ont été utilisées pour les simulations.

7.4. Analyse des résultats

Les scénarios sont simulés pour chaque discipline indépendamment et sont les suivants :

1. Simulation de la situation actuelle, laquelle sert de référence. Les durées prévues des opérations sont directement celles issues de la programmation et le temps de démarrage tardif prévu est considéré comme nul par hypothèse.
2. Simulation d'un calibrage statistique reposant sur des durées d'intervention prédites à partir des durées prévues, sur base d'une régression linéaire dont la relation pour chaque discipline est présentée à la table 7.1. Le temps de démarrage tardif est également prédit comme étant égal à la médiane des temps de démarrage tardif réel observé. Le choix de la médiane a été préféré à celui de la moyenne, car elle est moins sensible aux valeurs extrêmes.
3. Simulation d'un calibrage réaliste, dont le principe est identique à celui du point précédent mais sur base d'une simple règle proportionnelle dont le coefficient par discipline est également présenté à la table 7.1.
4. Simulation d'un calibrage réaliste avec une organisation opérationnelle du premier cas, pour des seuils de probabilité de débiter à l'heure de 25%, 50%, 75% et 100%.

Les indicateurs de performance relevés sont :

- la fréquence de débordement de temps d'occupation de salle prévu ou prédit ;
- la moyenne des écarts entre le temps quotidien d'occupation de salle prévu ou prédit et le temps d'occupation réel (temps de démarrage tardif inclus), ainsi que la moyenne des écarts absolus ;
- la moyenne des écarts entre le temps de démarrage tardif prévu et ou prédit et le temps de démarrage tardif réel pour chaque journée, ainsi que la moyenne des écarts absolus ;
- la valeur moyenne du temps de démarrage tardif.

Ces indicateurs sont évalués sur base de la programmation appliquée lors de la période d'observation. Pour toutes les simulations, un délai de rotation nécessaire entre chaque opération est ajouté et fixé à 15 minutes, par convention.

Les résultats de ces simulations sont présentés à la table 7.2 (les temps sont exprimés en minutes).

Ces résultats présentent une borne supérieure des performances des modèles de prédiction, car ceux-ci sont évalués avec les mêmes données que celles utilisées pour le calcul des régressions linéaires ou des coefficients de proportionnalité. Cependant, le modèle réaliste tient compte d'une contrainte de correspondance à l'origine des durées prévues et prédites qui permet de réduire la sensibilité empirique et de présenter des résultats plus proches de la réalité de terrain. Une évaluation indépendante sur base de nouvelles observations demeure néanmoins souhaitable afin de valider la robustesse de ces modèles.

Scénario	Taux de débordement de temps d'occupation prévu ou prédit (%)	Ecart moyen de prédiction du temps d'occupation (minutes)	Ecart absolu moyen de prédiction du temps d'occupation (minutes)	Ecart moyen de prédiction du temps de début tardif (minutes)	Ecart absolu moyen de prédiction du temps de début tardif (minutes)	Temps moyen de début tardif (minutes)
Orthopédie						
<i>Situation actuelle</i>	68,4	44,6	81,4	17,7	17,7	17,7
Calibrage statistique	50,9	-0,3	71,6	-0,3	6,1	17,7
Calibrage réaliste	54,4	-0,3	73,3	-0,3	6,1	17,7
Réaliste et -25% tardif	52,6	0,4	73,7	-0,2	4,6	13,9
Réaliste et -50% tardif	56,1	0,1	72,7	-0,1	3,1	9,1
Réaliste et -75% tardif	56,1	1,1	75,3	-0,1	1,5	5,6
Réaliste et -100% tardif	54,4	0,0	74,5	0	0	0
Neurochirurgie						
<i>Situation actuelle</i>	65,2	66,3	124,3	20,9	20,9	20,9
Calibrage statistique	56,5	-4,1	109,2	-4,1	10,9	20,9
Calibrage réaliste	56,5	-4,1	109,2	-4,1	10,9	20,9
Réaliste et -25% tardif	56,5	-1,0	108,6	-3,1	8,2	17,7
Réaliste et -50% tardif	56,5	-,0	106,9	-2,1	5,5	12,5
Réaliste et -75% tardif	56,5	2,8	107,7	-1,0	2,7	9,0
Réaliste et -100% tardif	56,5	0,0	105,5	0	0	0
Vasculaire						
<i>Situation actuelle</i>	76,9	55,4	79,2	32,6	32,6	32,6
Calibrage statistique	53,8	4,6	69,2	4,6	19,4	32,6
Calibrage réaliste	46,2	4,6	67,5	4,6	19,3	32,6
Réaliste et -25% tardif	61,5	5,4	74,4	3,5	14,5	26,4
Réaliste et -50% tardif	61,5	1,1	64,7	2,3	9,7	15,1
Réaliste et -75% tardif	61,5	2,1	60,9	1,2	4,8	9,1
Réaliste et -100% tardif	61,5	0,0	66,9	0	0	0

Table 7.2 : Indicateurs de performance de calibrage et d'amélioration du premier cas.

Une valeur positive d'écart de temps indique une sous-estimation par rapport au temps réel.

Les valeurs les plus faibles en valeur absolue sont les meilleures, les valeurs clés sont en gras.

Pour une meilleure lisibilité, toutes les valeurs sont arrondies à la première décimale.

L'analyse de la table 7.2 permet d'extraire les conclusions présentées ci-dessous.

- La situation actuelle présente en moyenne une importante sous-estimation du temps d'occupation de salle qui varie d'une discipline à l'autre, allant de 45 à 66 minutes, ainsi qu'une sous-estimation du temps de début tardif allant d'environ 18 à 33 minutes, suivant la discipline.
- Le calibrage, statistique ou réaliste, apporte en moyenne, selon la spécialité, une réduction de l'ordre de 9 à 30% de la fréquence des débordements de temps d'occupation par rapport aux prévisions et une très nette amélioration de la prédiction de l'ampleur moyenne de débordement. L'écart absolu moyen est également réduit, ce qui traduit une diminution de la variabilité des écarts entre le temps estimé et le temps réel. Ces calibrages permettent également d'améliorer la prédiction du temps moyen de début tardif et l'écart absolu moyen de prédiction du temps de début tardif.
- L'augmentation de la probabilité de démarrer à l'heure prévue permet en outre de diminuer proportionnellement le temps moyen de début tardif ; l'effet est particulièrement significatif dans la discipline vasculaire, où le temps moyen de début tardif actuel de près de 33 minutes est relativement important. Un seuil de probabilité supplémentaire de débiter à l'heure de 50% permet d'atteindre pour chaque discipline un temps moyen de début tardif équivalent ou inférieur à une durée de 15 minutes, considérée comme celle d'un décalage acceptable.

Les résultats sont synthétisés dans les figures 7.4 et 7.5 pour la discipline d'orthopédie (*les figures relatives aux disciplines de neurochirurgie et vasculaire sont reprises en annexe D*).

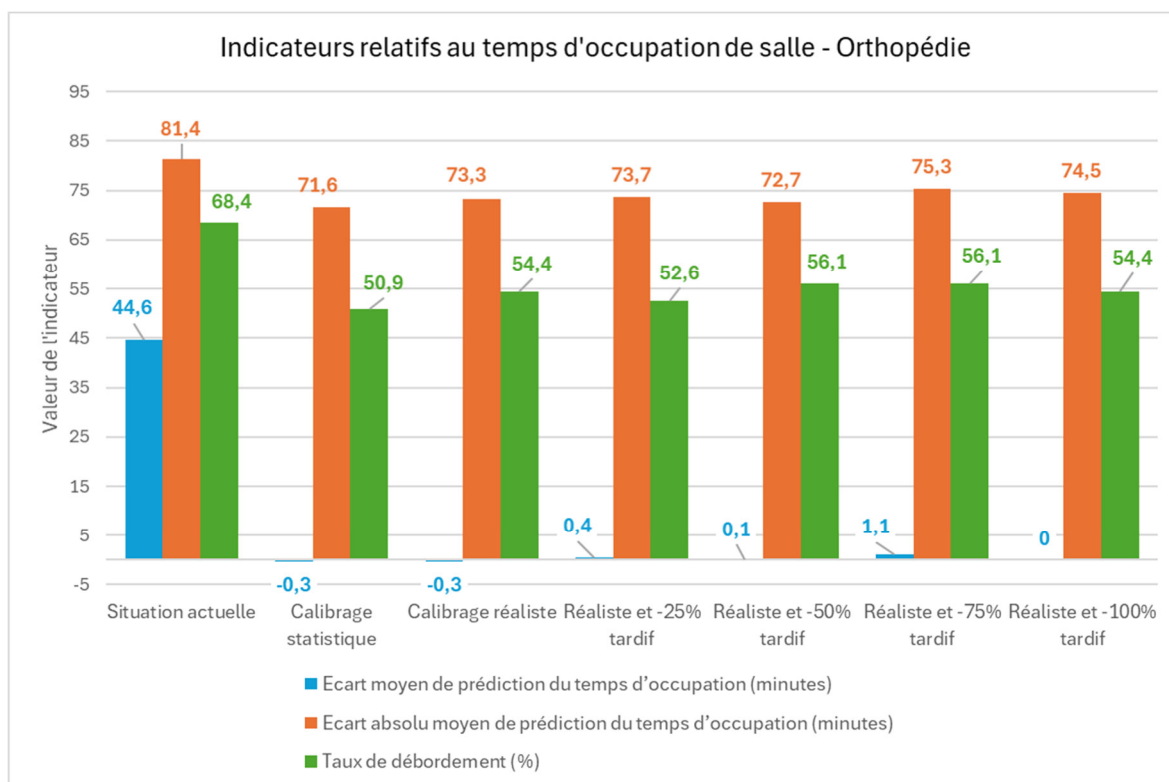


Figure 7.4 : Comparaison des scénarios pour la prédiction du temps d'occupation en orthopédie.

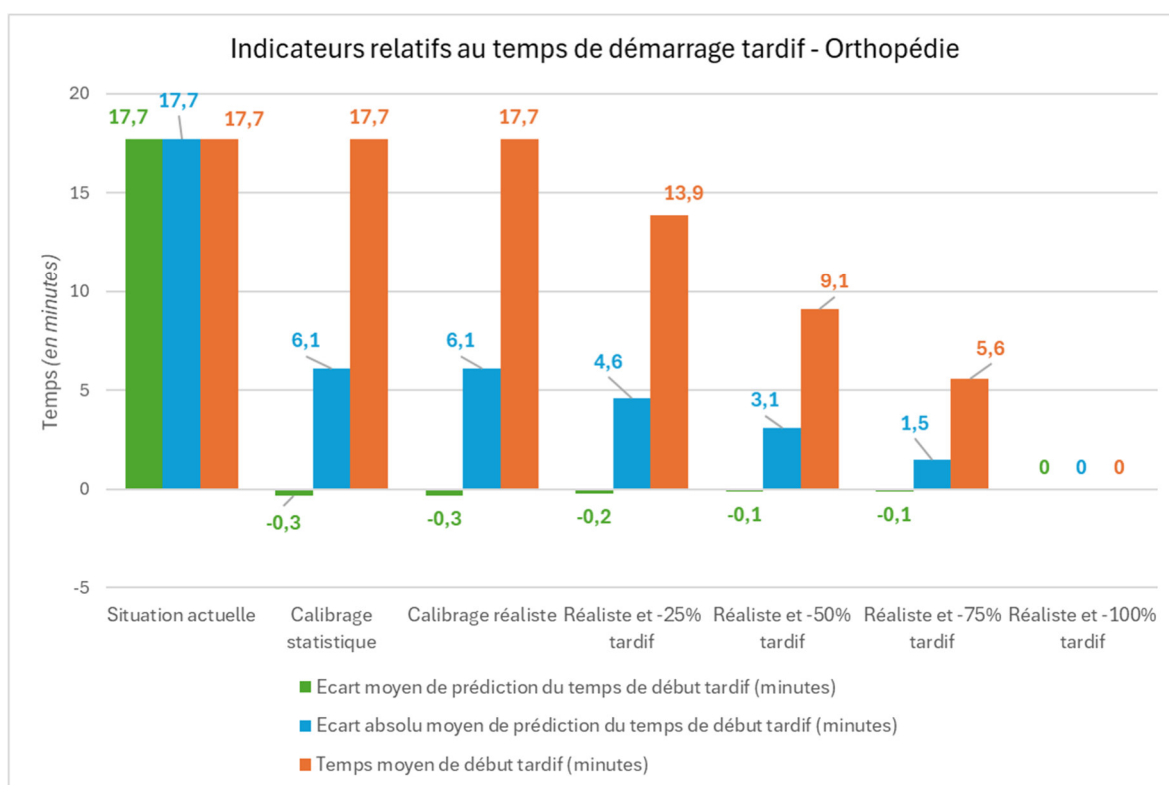


Figure 7.5 : Comparaison des scénarios pour la prédiction du temps de début tardif en orthopédie.

8. Conclusion

L'objectif de ce projet était d'analyser les écarts entre la planification théorique et le déroulement réel des journées opératoires au bloc opératoire de la Clinique Saint-Pierre d'Ottignies. À la suite de la récolte de données durant la période d'observation et des entretiens que j'ai menés, j'ai pu d'abord identifier les principales causes responsables de ces écarts et ensuite proposer des pistes d'amélioration réalistes et compatibles avec les contraintes organisationnelles auxquelles faisait face la CSPO.

Les résultats des analyses mettent en évidence que ces écarts ne relèvent pas uniquement d'aléas ponctuels, mais de mécanismes organisationnels plus structurels. Les retards au démarrage du premier cas sont principalement liés à des problématiques de coordination, tandis que les dépassements en fin de journée sont dus à une inadéquation entre les durées planifiées et les durées réellement observées. Dans notre contexte, les facteurs liés aux patients apparaissent marginaux sur la période étudiée.

En conséquence, j'ai proposé des pistes d'amélioration ciblant prioritairement la coordination, le pilotage des horaires et le recalibrage du programme opératoire. Celles-ci ont été évaluées par simulation à l'aide d'indicateurs clés issus du référentiel de l'ANAP. Les résultats montrent qu'un programme plus robuste, fondé sur l'historique des données observées, pourra mieux prédire les débordements de temps prévu d'occupation de salle et limiter leur ampleur. Leur fréquence sera par ailleurs réduite de 9% à 30% selon la discipline, sans impacter négativement la capacité globale du bloc opératoire. Une augmentation de 50% de la probabilité de démarrer à l'heure prévue permettrait en outre d'atteindre un temps moyen de début tardif équivalent ou inférieur à une durée de 15 minutes, considérée comme celle d'un délai acceptable.

À plus long terme, une extension de l'analyse sur une période plus longue, intégrant une traçabilité plus fine et une dimension économique, permettrait d'affiner l'évaluation des leviers proposés, notamment en termes de coûts associés aux dépassements et de retour sur investissement des mesures organisationnelles envisagées. En complément, l'intégration de modèles de prédiction basés sur l'intelligence artificielle constituerait également une perspective très intéressante.

En conclusion, ce travail de fin d'études met en évidence que les principales marges d'amélioration du fonctionnement du bloc opératoire se situent au niveau de l'organisation et de la planification, et qu'une meilleure exploitation des données existantes constitue un levier pertinent pour renforcer la robustesse du programme opératoire.

Bibliographie

- Agence Nationale d'Appui à la Performance. (2016a). *Faites bloc pour votre bloc : Guide de pilotage du bloc opératoire* [Guide].
- Agence Nationale d'Appui à la Performance. (2016b). *Guide des indicateurs du bloc opératoire* [Guide].
- Agence Nationale d'Appui à la Performance. (2025, 1 juillet). *Blocs opératoires : l'ANAP lance une plateforme unique rassemblant les fondamentaux de gestion du bloc opératoire* [Communiqué de presse]. <https://www.anap.fr/s/article/blocs-operatoires-plateforme-guides>
- Al Amin, M., Baldacci, R., & Kayvanfar, V. (2025). A comprehensive review on operating room scheduling and optimization. *Operational Research*, 25(1), 1–30. <https://doi.org/10.1007/s12351-024-00884-z>
- Benahmed, N., Jonckheer, P., Zeevaert, R., Vos, B., & Kohn, L. (2024). *Assessing and monitoring waiting times in healthcare: How to proceed in Belgium?* (KCE Report 383C). Belgian Health Care Knowledge Centre (KCE). <https://doi.org/10.57598/R383C>
- Cardoen, B., Demeulemeester, E., & Beliën, J. (2010). Operating room planning and scheduling: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 201(3), 921–932. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.04.011>
- Clinique Saint-Pierre Ottignies. (2023). *Plan stratégique 2023–2028* [Document interne].
- Clinique Saint-Pierre Ottignies. (2024). *Rapport d'activités 2023* [Document interne].
- Clinique Saint-Pierre Ottignies. (n.d.). *Qui sommes-nous ?* <https://www.cspo.be/qui-sommes-nous>
- Dexter, F., & Macario, A. (2002). Changing allocations of operating room time from a system based on historical utilization to one where the aim is to schedule as many surgical cases as possible. *Anesthesia & Analgesia*, 94(5), 1272–1279. <https://doi.org/10.1097/00000539-200205000-00042>
- Dupre, A., Jouini, O., Lamé, G., Xie, X., Jemai, Z., Legros, B., Jebali, A., Ben Amor, Y., Bouasker, H., Constantin, J.-M., Raux, M., & Botrel, T. (2025). Machine learning-

enhanced prediction of operating room occupation time and length of stay: A retrospective cohort study on emergency surgery care pathways. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. Advance online publication.

<https://doi.org/10.1007/s10877-025-01341-8>

- Fixler, T., & Wright, J. G. (2013). Identification and use of operating room efficiency indicators: The problem of definition. *Canadian Journal of Surgery*, 56(4), 224–226. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3728239/>
- Hren, R., Abaza, N., Elezbawy, B., Khalifa, A., Fasseeh, A. N., Al Gasseer, N., & Kaló, Z. (2025). Economic benefits of reduced waiting times for elective surgeries: A systematic literature review. *Cureus*, 17(2), e79417. <https://doi.org/10.7759/cureus.79417>
- Ishikawa, K. (1986). *Guide to quality control* (2nd ed.). Tokyo, Japan: Asian Productivity Organization.
- Koushan, M., Wood, L. C., & Greatbanks, R. (2021). Evaluating factors associated with the cancellation and delay of elective surgical procedures: A systematic review. *International Journal for Quality in Health Care*, 33(2), mzab092. <https://doi.org/10.1093/intqhc/mzab092>
- Leroy, R., Camberlin, C., Lefèvre, M., Van den Heede, K., Van de Voorde, C., & Beguin, C. (2017). Variability in elective day-surgery rates between Belgian hospitals: Analyses of administrative data explained by surgical experts. *International Journal of Surgery*, 45, 118–124. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2017.07.075>
- Organisation mondiale de la Santé. (2017). *Surgical care systems strengthening: Developing national surgical, obstetric and anaesthesia plans*. <https://www.medbox.org/document/surgical-care-systems-strengthening-developing-national-surgical-obstetric-and-anaesthesia-plans>
- Oudhoff, J. P., Timmermans, D. R. M., Knol, D. L., & Bijnen, A. B. (2007). Waiting for elective general surgery: Impact on health-related quality of life and psychosocial consequences. *Canadian Journal of Surgery*, 50(3), 195–200. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1959190/>

- Pasquer, A., Ducarroz, S., Lifante, J.-C., Skinner, S., Poncet, G., & Duclos, A. (2024). Operating room organization and surgical performance: A systematic review. *Patient Safety in Surgery*, 18(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s13037-023-00388-3>
- Pincus, D., Ravi, B., Wasserstein, D., Visnjevac, O., Jenkinson, R., Waddell, J., ... & Paterson, J. M. (2017). Association between wait time and 30-day mortality in adults undergoing hip fracture surgery. *JAMA*, 318(20), 1994–2003. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.17606>
- Ravery, A.-S., Villatte, G., Dartus, J., Descamps, S., Boisdard, S., & Erivan, R. (2023). Reasons for delays to orthopaedic and trauma surgery: A retrospective five-year cohort. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 109(4), 576–581. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2022.103535>
- Rothstein, D. H., & Raval, M. V. (2018). Operating room efficiency. *Seminars in Pediatric Surgery*, 27(2), 79–85. <https://doi.org/10.1053/j.sempedsurg.2018.02.004>
- Schoenfelder, J., Kohl, S., Glaser, M., McRae, S., Brunner, J. O., & Koperna, T. (2021). Simulation-based evaluation of operating room management policies. *BMC Health Services Research*, 21(1), 271. <https://doi.org/10.1186/s12913-021-06234-5>
- Vladu, A., Ghitea, T. C., Daina, L. G., Țîrț, D. P., & Daina, M. D. (2024). Enhancing operating room efficiency: The impact of computational algorithms on surgical scheduling and team dynamics. *Healthcare*, 12(19), 1906. <https://doi.org/10.3390/healthcare12191906>
- Wachtel, R. E., & Dexter, F. (2009). Influence of the operating room schedule on tardiness from scheduled start times. *Anesthesia & Analgesia*, 108(6), 1889–1901. <https://doi.org/10.1213/ane.0b013e31819f9f0c>
- Wang, L., Demeulemeester, E., Vansteenkiste, N., & Rademakers, F. (2021). Operating room planning and scheduling for outpatients and inpatients: A review and future research. *Operations Research for Health Care*, 31, 100323. <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2021.100323>

Annexes

Annexe A : Analyse des écarts de temps d'occupation de salle	45
Annexe B : Analyse des écarts des durées d'intervention	46
Annexe C : Analyse des temps de début tardif et de leurs causes	48
Annexe D : Résultats des simulations en neurochirurgie et en chirurgie vasculaire	50
Annexe E : Code Python des simulations	52

Annexe A

Analyse des écarts de temps d'occupation de salle

Cette annexe présente des résultats d'analyse des écarts de temps d'occupation de salle.

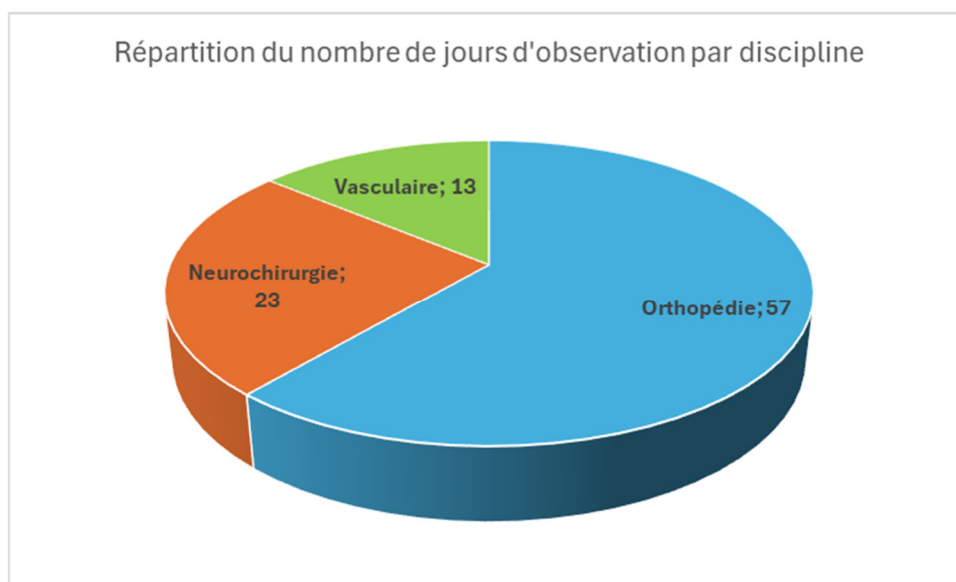


Figure A.1 : Répartition par discipline du nombre de journées observées.

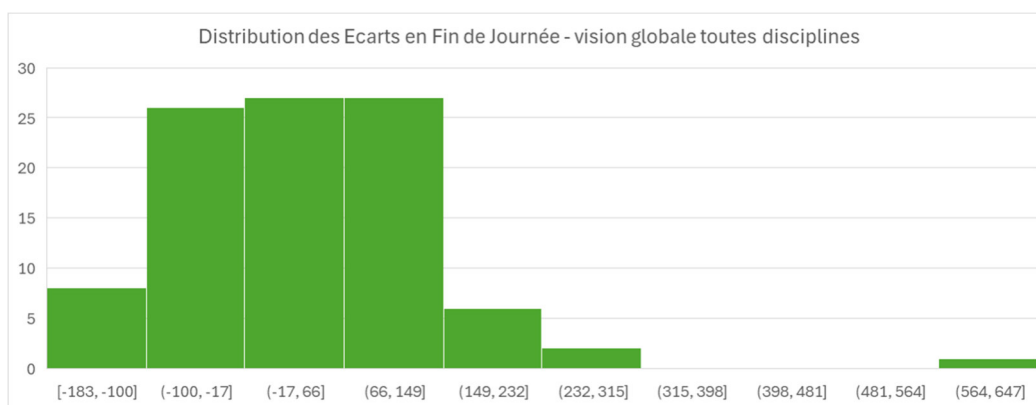


Figure A.2 : Histogramme des écarts cumulés par journée (vision globale).

Discipline	Nombre d'échantillons	Moyenne	Ecart-type	IC 95%, borne inf.	IC 95%, borne sup.
Orthopédie	57	25,37	83,54	3,20	47,53
Neurochirurgie	23	43,58	121,22	-8,84	96,00
Vasculaire	13	59,77	174,44	-45,64	165,18
Vision Globale	93	34,48	108,50	12,14	56,83

Table A.1 : Analyse des écarts (en minutes) entre durée prévue et réelle d'une journée opératoire (moyenne et écart-type).

Annexe B

Analyse des écarts des durées d'intervention

Cette annexe présente des résultats d'analyse des écarts des temps d'opérations.

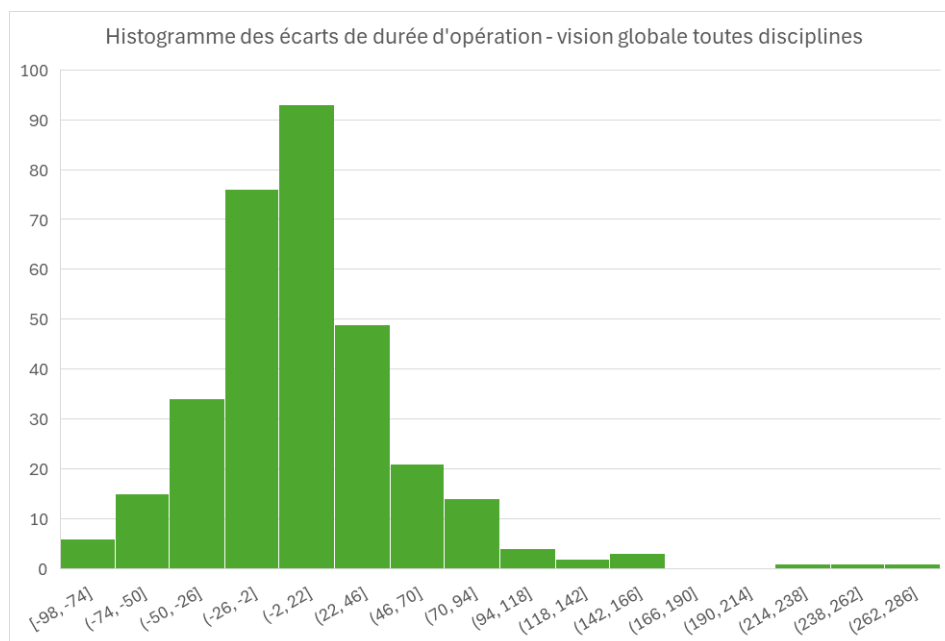


Figure B.1 : Histogramme global des écarts par intervention entre durée prévue et durée réelle (en minutes).

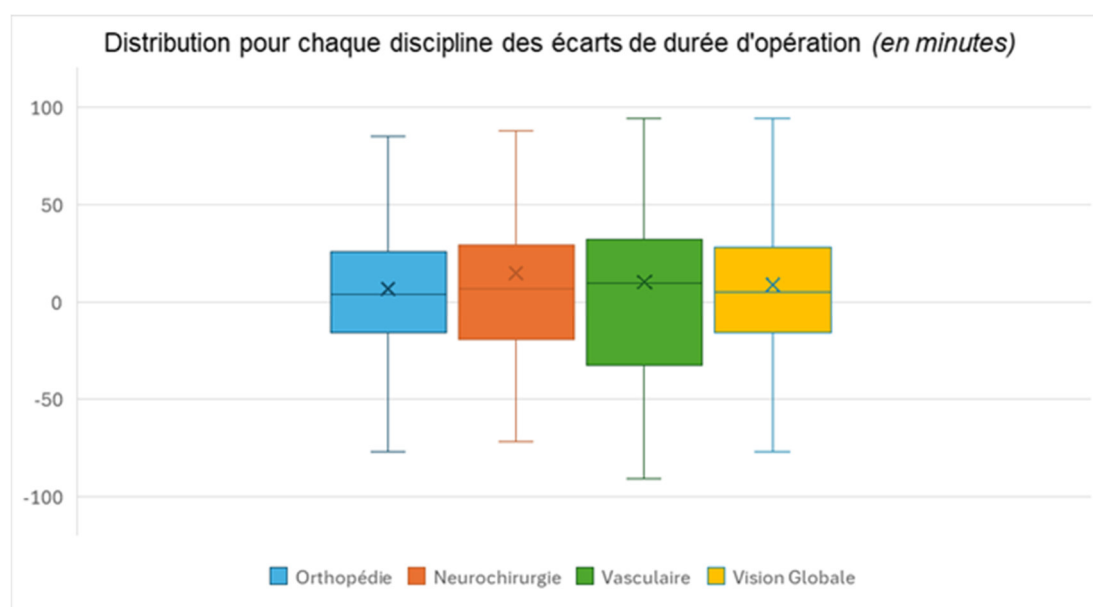


Figure B.2 : Distribution des écarts de temps entre durée prévue et durée réelle d'une opération.
(le rectangle correspond à l'intervalle interquartile (Q1-Q3), la ligne centrale représente la médiane, la croix représente la moyenne et les moustaches correspondent aux valeurs minimale et maximale après exclusion des valeurs aberrantes).

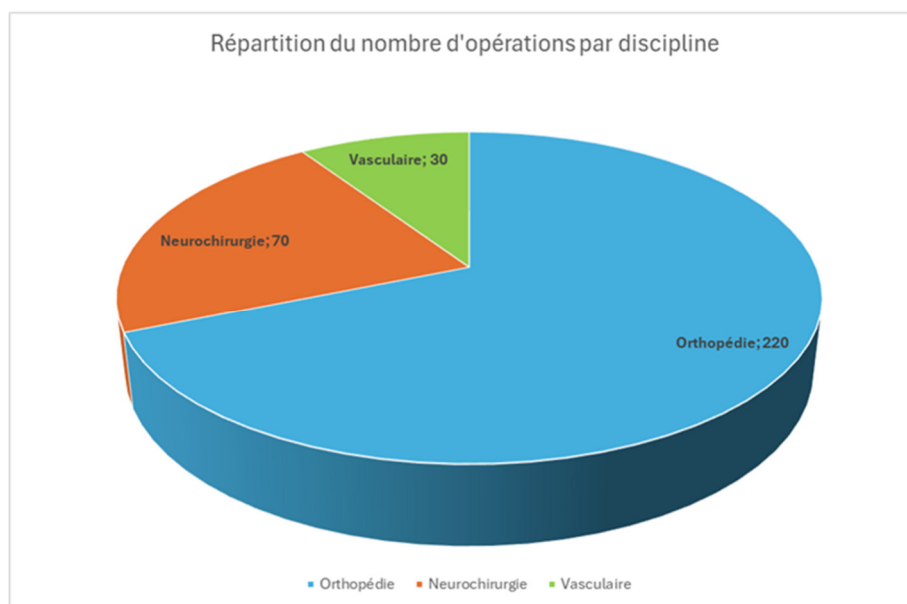


Figure B.3 : Répartition par discipline du nombre d'opérations observées.

Discipline	Nombre d'échantillons	Moyenne	Ecart-type	IC 95%, borne inf.	IC 95%, borne sup.
Orthopédie	220	6,92	39,60	1,66	12,18
Neurochirurgie	70	14,94	61,84	0,20	29,69
Vasculaire	30	10,21	60,09	-12,23	32,65
Vision Globale	320	8,98	47,40	3,76	14,19

Table B.1 : Analyse des écarts (en minutes) entre durée prévue et réelle d'une intervention (moyenne et écart-type).

Annexe C

Analyse des temps de début tardif et de leurs causes

Cette annexe présente des résultats d'analyse des retards de démarrage de la première opération et des causes associées.

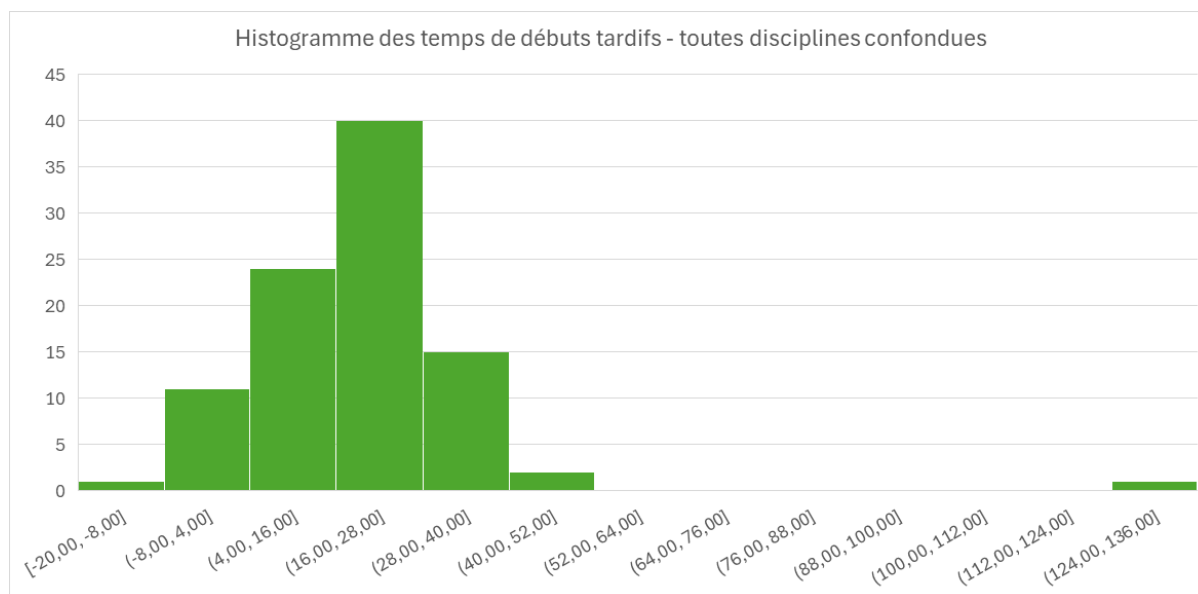


Figure C.1 : Histogramme global des temps de débuts tardifs (en minutes).

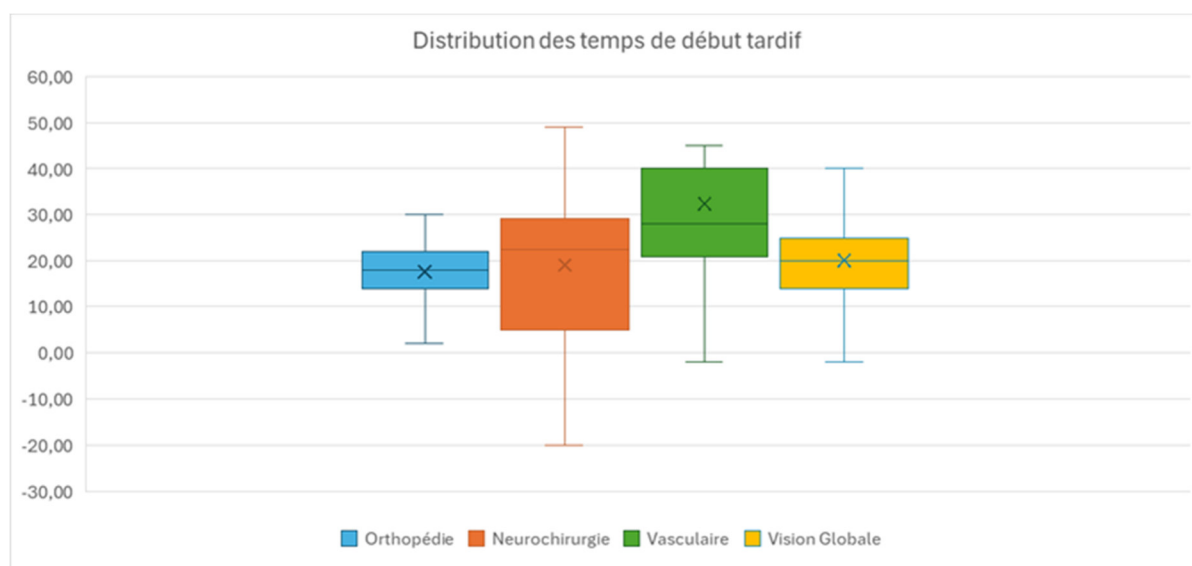


Figure C.2 : Distribution des temps de début tardif.

Le rectangle correspond à l'intervalle interquartile (Q1-Q3), la ligne centrale représente la médiane, la croix représente la moyenne et les moustaches correspondent aux valeurs minimale et maximale après exclusion des valeurs aberrantes.

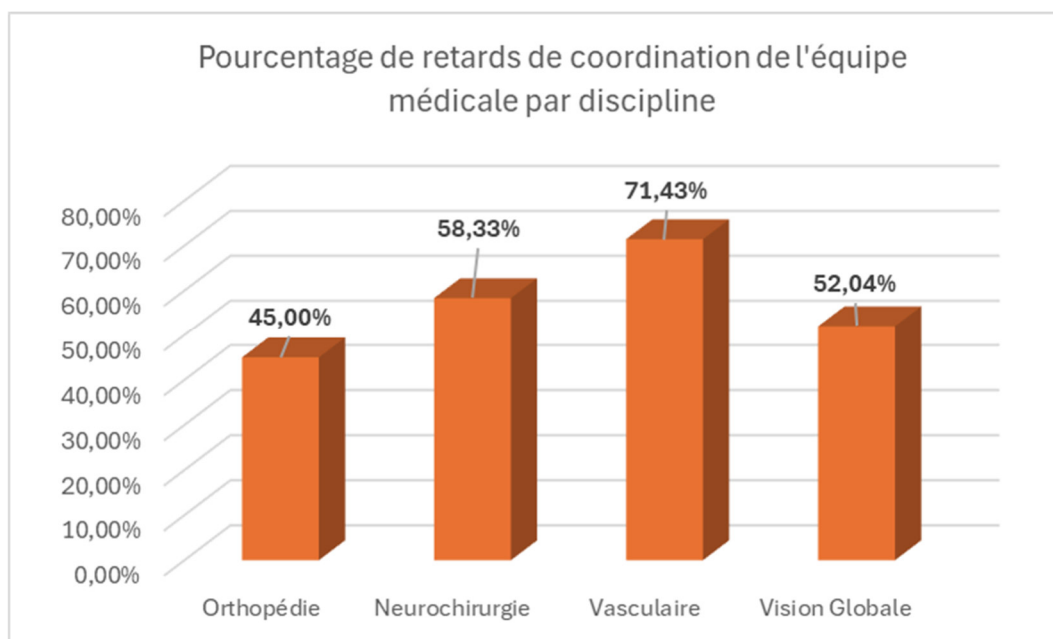


Figure C.3 : Distribution relative par discipline de la fréquence des problèmes de coordination de l'équipe médicale.

<i>Discipline</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>IC 95%, borne inf.</i>	<i>IC 95%, borne sup.</i>
<i>Orthopédie</i>	57	17,72	8,06	15,58	19,86
<i>Neurochirurgie</i>	23	19,17	15,80	12,33	26,00
<i>Vasculaire</i>	13	32,46	31,88	13,20	51,73
<i>Vision Globale</i>	93	20,13	16,03	16,83	23,43

Table C.1 : Analyse des temps de débuts tardifs (en minutes) pour chaque discipline (moyenne et écart-type).

Annexe D

Résultats des simulations en neurochirurgie et en chirurgie vasculaire

Cette annexe présente les figures illustrant des résultats des simulations des différents scénarios pour les disciplines de neurochirurgie et de chirurgie vasculaire.

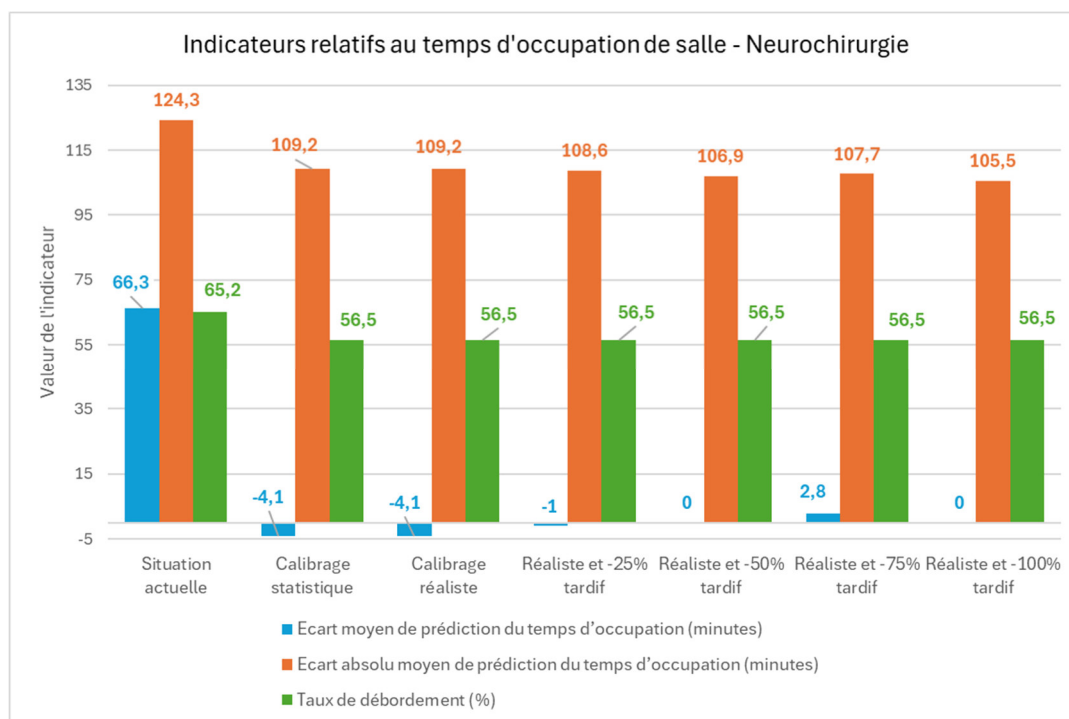


Figure D.1 : Comparaison des différents scénarios pour la prédiction du temps d'occupation en neurochirurgie.

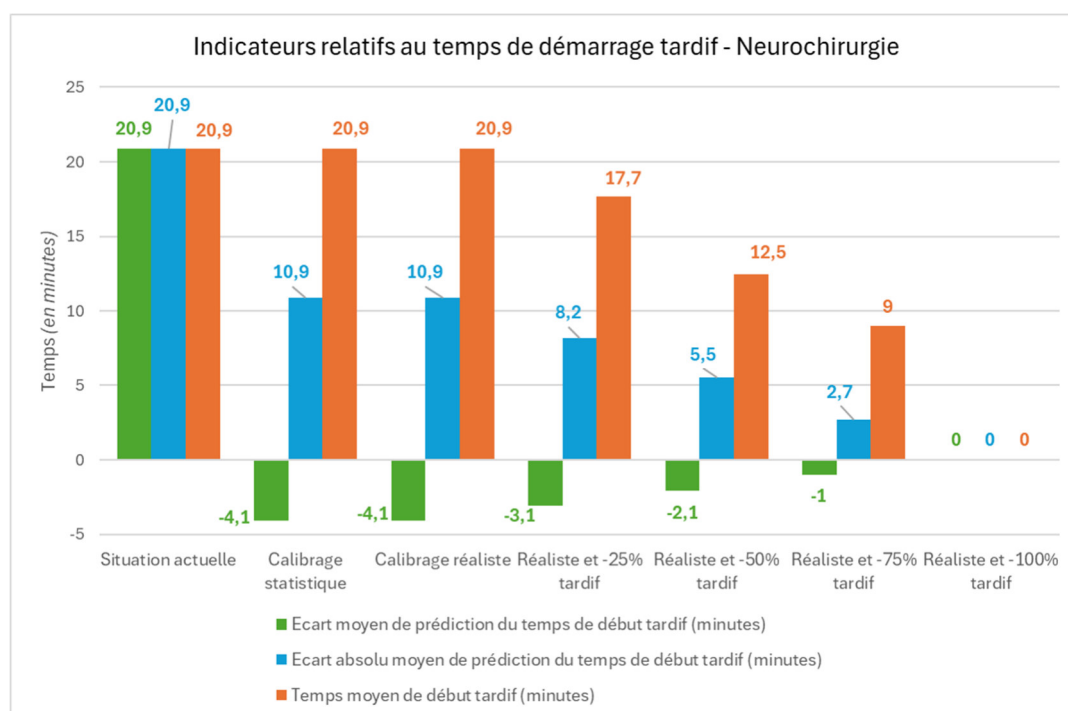


Figure D.2 : Comparaison des différents scénarios pour la prédiction du temps de début tardif en neurochirurgie.

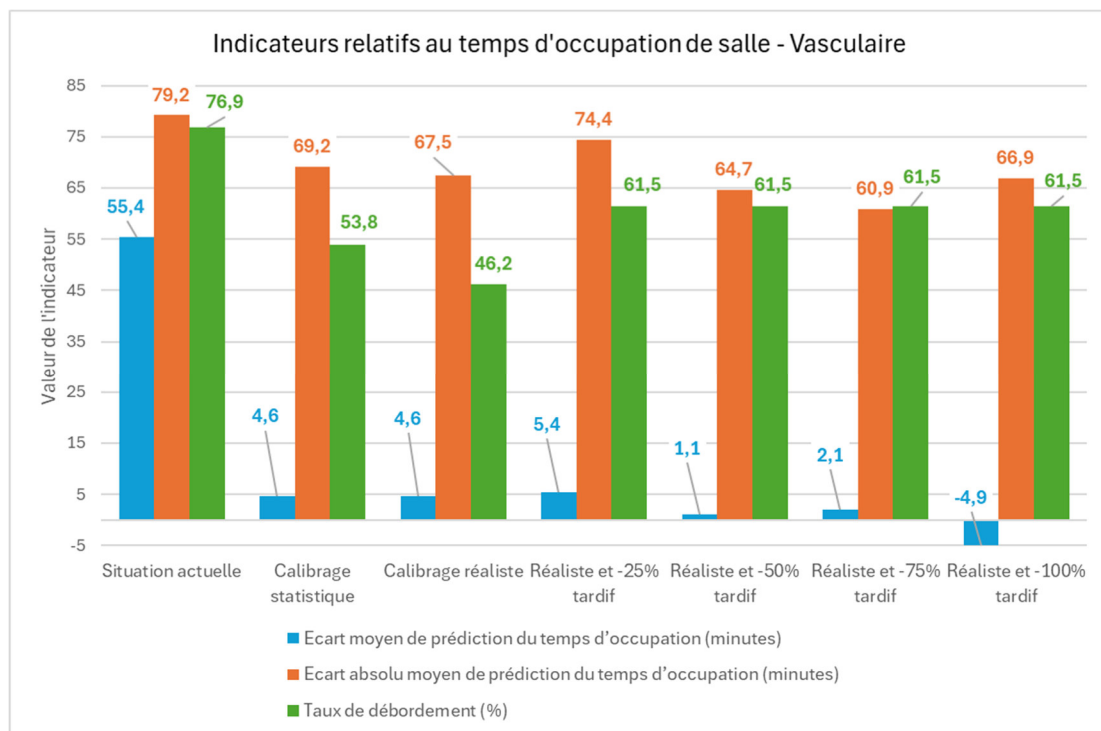


Figure D.3 : Comparaison des différents scénarios pour la prédiction du temps d'occupation en vasculaire.

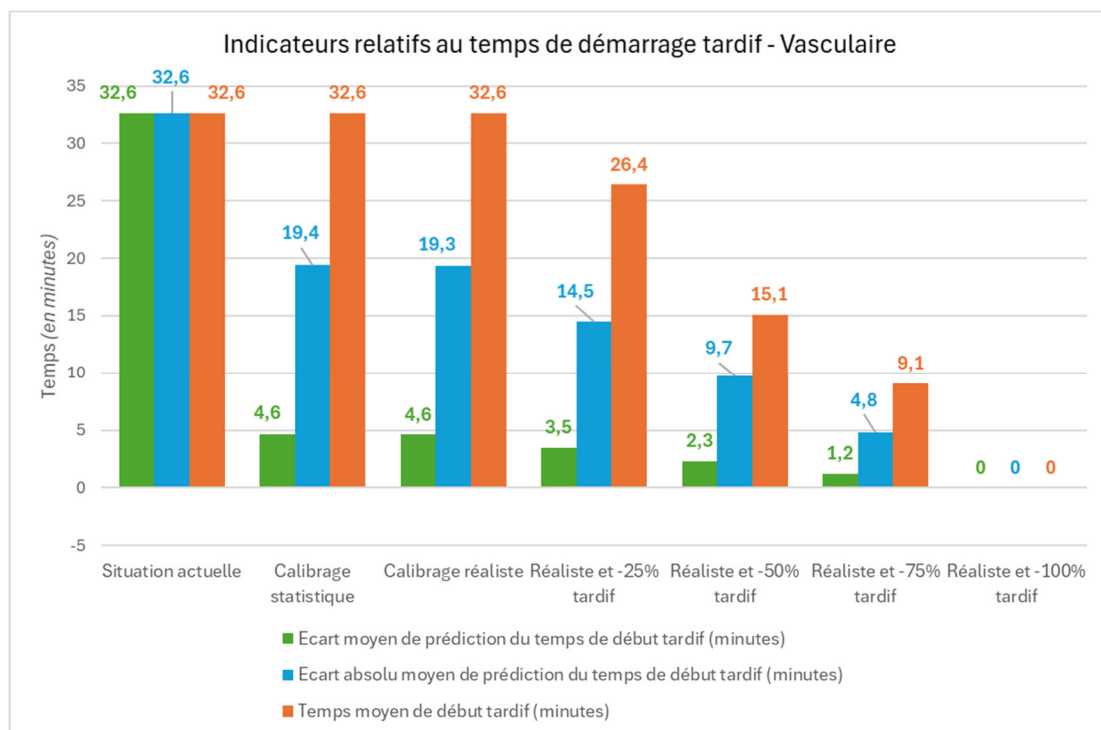


Figure D.4 : Comparaison des différents scénarios pour la prédiction du temps de début tardif en vasculaire.

Annexe E

Code Python des simulations

Le code Python utilisé pour effectuer les simulations des différents scénarios est présenté ci-après.

```

#%%
#
# Gestion des flux et services en hôpital - Simulations
#
# Louvain School of Management
# Année Académique 2025-2026
#
# Vincent Gosselin
#
import numpy as np
import pandas as pd
from dataclasses import dataclass

#%% Définition des paramètres et chargement des données

# Turnover = 15 minutes par convention
turnover = 15

# Chargement des données selon discipline
df = pd.read_excel("blocopsim.xlsx", sheet_name="OrthoSim")
#df = pd.read_excel("blocopsim.xlsx", sheet_name="NeuroSim")
#df = pd.read_excel("blocopsim.xlsx", sheet_name="VascuSim")

# Dates des interventions
dates = df["Dates"].to_numpy()

# Durées prévues des interventions
durees_prevues = df["Temps prévu en min"].to_numpy()

# Durées réelles des interventions
durees_reelles = df["Temps réel en min"].to_numpy()

#%%
# Prédiction des interventions selon discipline

# Orthopédie

```

```

durees_predites = durees_prevues * 0.867844534958596 +
21.681433833583
durees_origine = durees_prevues * 1.061993517

# Neurochirurgie
#durees_predites = durees_prevues * 1.12026607538803 -
4.25676274944564
#durees_origine = durees_prevues * 1.09360179

# Vasculaire
#durees_predites = durees_prevues * 0.862910413824465 +
32.4012278308323
#durees_origine = durees_prevues * 1.063045793

###

# Temps de Démarrage Tardif (lignes 'Z' dans la colonne 'Salle')
TDT_reels = df.loc[df["Salle"] == "Z", "Ecart Début"].to_numpy()
# Retards théoriques toujours >=0 (correction erreurs de mesure)
TDT_reels = np.maximum(TDT_reels, 0.0)

# Retard prédit = mediane empirique (moins sensible que la moyenne)
TDT_predit = np.median(TDT_reels)

### Définition du programme d'une journée

def programme_journee(jour, calibrage, proba_premier_OK):
    """
    Construit le programme d'une journée pour un scénario donné:
    - 'jour': int = numéro de la journée d'intervention
    - 'calibrage': int 0=sit. actuelle, 1=statistique, 2=réaliste
    - 'proba_premier_OK': float = proba. suppl. 1er cas à l'heure
    Retourne un dictionnaire avec les informations :
    - 'Err_occupation': float = écart prédit tps d'occup. salle
    - 'Eabs_occupation': float = écart prédit absolu tps d'occup.
    - 'Err_debut_tardif': float = écart prédit temps début tardif
    - 'Eabs_debut_tardif': float = écart préd abs tps début tardif
    - 'debut_tardif': float = temps de début tardif
    - 'debordement': float = 100% si débordement, 0 sinon
    """
    # Retard du 1er cas et amélioration proba. d'être à l'heure
    TDT = TDT_reels[jour-1]
    if rng_proba.random() < proba_premier_OK:
        TDT = 0.0

    # Type de calibrage
    if calibrage == 0:

```

```

durees_prog = durees_prevues
TRP = 0 # temps de retard prédit
else:
durees_prog = durees_predites
TRP = TDT_predit*(1-proba_premier_OK) # temps de retard prédit
if calibrage == 2:
durees_prog = durees_origine

# Construction du programme de la journée
n_operations = sum(dates==jour)
TROS = TDT + sum(durees_reelles[dates==jour]) +
        turnover*(n_operations-1)
TPOS = TRP + sum(durees_prog[dates==jour]) +
        turnover*(n_operations-1)

# Résultats: écarts de temps par rapport au programme
DTROS = TROS - TPOS
DTDT = TDT_reels[jour-1]*(1-proba_premier_OK) - TRP
EAM_DTROS = abs(DTROS)
EAM_DTD = abs(DTDT)

# Pour calcul de la fréquence de débordement (en %)
debord = (TROS>TPOS)*100

# Indicateurs de Pilotage
return {"Err_occupation": float(DTROS),
        "Eabs_occupation": float(EAM_DTROS),
        "Err_debut_tardif": float(DTDT),
        "Eabs_debut_tardif": float(EAM_DTD),
        "debut_tardif": float(TDT),
        "debordement": float(debord),
        }

%% Déclaration des scenarios

# Structure
@dataclass
class Scenario:
    nom: str
    calibrage: int # Calib: sans (0), stat. (1), réaliste (2)
    proba_premier_OK: float # Proba. suppl. 1er cas à l'heure

# Pistes d'amélioration

# Situation actuelle
Reference = Scenario("situation_actuelle", 0, 0.0)
# Calibrage statistique
Calibrage_stat = Scenario("calibrage_statistique", 1, 0.0)

```

```

# Calibrage realiste (passant par l'origine)
Calibrage_real = Scenario("calibrage_realiste", 2, 0.0)
# Premier cas +25% à 1'heure
Premier_plus_25 = Scenario("premier_cas_plus_25pc", 2, 0.25)
# Premier cas +50% à 1'heure
Premier_plus_50 = Scenario("premier_cas_plus_50pc", 2, 0.5)
# Premier cas +75% à 1'heure
Premier_plus_75 = Scenario("premier_cas_plus_75pc", 2, 0.75)
# Premier cas +100% à 1'heure
Premier_plus_100 = Scenario("premier_cas_plus_100pc", 2, 1.0)

%% Exécution des simulations

# Creation des fichiers pour sauvegarde des resultats
pd.DataFrame().to_excel("resultats_simulation.xlsx")
txt_res = open("resultats_simulation.txt", "w")

# Liste des scenarios
scenarios = [
    Reference,
    Calibrage_stat,
    Calibrage_real,
    Premier_plus_25,
    Premier_plus_50,
    Premier_plus_75,
    Premier_plus_100,
]

liste_dates = np.unique(dates)

resultats_scenarios: dict[str, pd.DataFrame] = {}

# Simulation des scenarios
for scen in scenarios:
    resultats = []
    # Reproductibilité des résultats pour comparaison scenarios
    rng_proba = np.random.default_rng(seed=42)
    for jour in liste_dates:
        res = programme_journee(jour, scen.calibrage,
                                scen.proba_premier_OK)
        resultats.append(res)

    df_res = pd.DataFrame(resultats)
    resultats_scenarios[scen.nom] = df_res

# Affichage des valeurs moyennes
print(f"Simulation du scénario {scen.nom}\n")
print(df_res[["Err_occupation", "Eabs_occupation"],

```

```

        "Err_debut_tardif", "Eabs_debut_tardif",
        "debut_tardif", "debordement"]].mean())
print("-----")

# Sauvegarde des valeurs moyennes dans un fichier texte
txt_res.write(f"\nSimulation du scénario {scen.nom}\n")
txt_res.write(df_res[["Err_occupation", "Eabs_occupation",
                    "Err_debut_tardif", "Eabs_debut_tardif",
                    "debut_tardif", "debordement"]].mean().to_string())
txt_res.write("\n-----")

txt_res.close()

# Sauvegarde des résultats détaillés
with pd.ExcelWriter("resultats_detaillies.xlsx") as writer:
    for nom, df_res in resultats_scenarios.items():
        df_res.to_excel(writer, sheet_name=nom[:31], index=False)

```


Résumé :

Ce travail de fin d'étude analyse les écarts entre la planification théorique et le déroulement réel des journées opératoires au bloc opératoire de la Clinique Saint-Pierre d'Ottignies. À partir de données d'activité et d'observations de terrain, l'étude met en évidence des retards récurrents au démarrage du premier cas ainsi que des dépassements fréquents en fin de programme opératoire.

L'analyse montre que les retards de démarrage sont principalement liés à des problématiques organisationnelles de coordination. Les dépassements en fin de journée sont quant à eux associés à une sous-estimation structurelle des durées opératoires planifiées.

Sur cette base, des pistes d'amélioration organisationnelles sont proposées et évaluées au travers de simulations et à l'aide d'indicateurs clés de référence. Les résultats montrent qu'un programme fondé sur l'historique des temps observés améliore la robustesse en limitant l'ampleur des débordements de temps prévu d'occupation de salle et en réduisant leur fréquence, sans impacter négativement la capacité globale du bloc opératoire.

Abstract :

This master's thesis analyses the discrepancies between theoretical planning and the actual execution of operating room schedules at the Clinique Saint-Pierre d'Ottignies. Based on activity data and field observations, the study highlights recurrent delays in the start of the first surgical case as well as frequent overruns at the end of the operating programme.

The analysis shows that start delays are mainly related to organisational coordination issues. End-of-day overruns are, in turn, associated with a structural underestimation of planned surgical durations.

On this basis, organisational improvement measures are proposed and evaluated through simulations and using key performance indicators. The results show that a programme based on historical data improves robustness by limiting the extent of overruns in the scheduled room occupancy times and reducing their frequency, without negatively impacting the overall capacity of the operating room.

UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN
Louvain School of Management

Place des Doyens, 1 bte L2.01.01, 1348 Louvain-la-Neuve
Boulevard Emile Devreux 6, 6000 Charleroi, Belgique
Chaussée de Binche 151, 7000 Mons, Belgique
www.uclouvain.be/lsm