

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN INGÉNIERIE
(CONCENTRATION EN GÉNIE INDUSTRIEL)

PAR
JONATHAN MILLER

ÉTUDE DES RÈGLES D'AFFECTATION DES
PROTOCOLES DE CHIMIOTHÉRAPIE POUR RÉPARTIR LA
CHARGE DE TRAVAIL DES INFIRMIÈRES

OCTOBRE 2014

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

Ce mémoire intitulé:

ÉTUDE DES RÈGLES D'AFFECTATION DES PROTOCOLES DE
CHIMIOTHÉRAPIE POUR RÉPARTIR LA CHARGE DE TRAVAIL DES
INFIRMIÈRES

présenté par: MILLER Jonathan

en vue de l'obtention du diplôme de: Maître ès sciences appliquées

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

BARIL Chantal, ing., Ph.D., Professeure, directrice de recherche

ABDUL-NOUR, Georges, ing., Ph.D., Professeur, membre

GASCON Viviane, Ph. D., Professeure, membre

REMERCIEMENTS

J'aimerais sincèrement remercier ma directrice de mémoire, Madame Chantal Baril, pour ses précieux conseils et ses minutieuses relectures. Sans ce soutien tout au long du processus, ce mémoire n'aurait pas pu voir le jour. J'aimerais remercier les membres du jury composé de M. Georges Abdul-Nour et Mme Viviane Gascon.

J'aimerais aussi remercier Madame Mélanie Masse, pharmacienne, et Madame Lyne Gagnon, infirmière. Elles ont permis de valider les protocoles de chimiothérapie présentés dans ce mémoire. Merci aussi à madame Nadine Côté qui a assuré le contact avec ces personnes ressources du Centre Hospitalier Régional de Trois-Rivières.

J'aimerais remercier Madame Guylaine Camirand ainsi que Mesdames Suzie Carrière et Fanny Doucet qui ont rendu possible l'accès aux données historiques de la clinique d'hémato-oncologie et médecine de jour de l'hôpital Ste-Croix pour la réalisation du Pareto, sans oublier la précieuse aide de madame Mélissa Langevin, infirmière au CSSS de Trois-Rivières, au niveau de la détermination des temps des tâches infirmières.

Un remerciement tout spécial à la chaire de recherche IRISS pour le soutien financier tout au long de ce projet ainsi que le décanat des études et la fondation de l'UQTR pour leurs généreuses bourses d'études.

Merci à David, Parise, Marie-Christine, Sarah-Anne, Jean-Philippe, Jérémie, Benjamin et Marie-Pier pour votre soutien et votre encouragement. L'espace me manque pour remercier vous tous ceux qui m'avez aidé dans ce travail, mais sachez que je suis reconnaissant pour votre soutien et votre encouragement.

Jonathan

RÉSUMÉ

Avec la croissance actuelle de la demande pour les traitements du cancer, les cliniques d'hématο-oncologie dédiées à l'administration de la chimiothérapie doivent réviser leur fonctionnement pour réduire les effets de cette croissance sur le temps d'attente des patients et la charge de travail du personnel. Alors que beaucoup de travaux de recherche abordent le problème du temps d'attente des patients, très peu de travaux étudient la charge de travail des infirmières. Cette recherche vise donc à dégager des lignes directrices pour mieux planifier les rendez-vous et attribuer les patients aux infirmières.

La charge de travail a tout d'abord été définie à l'aide d'une revue de littérature et trois variables dépendantes ont été retenues: la densité de travail (Y1), l'imprévisibilité (Y2) et l'empilement cognitif (Y4). Les variables indépendantes retenues sont le protocole de chimiothérapie (P à 17 niveaux) et le ratio infirmière-patients (R à 4 niveaux) ainsi que l'interaction entre ces deux variables (RP).

Avec un risque alpha de 5%, il est démontré que les variables indépendantes P et R ont un effet significatif sur chacune des 3 variables dépendantes. Puisque l'interaction RP a aussi un effet significatif sur la charge de travail, les deux variables doivent être considérées conjointement pour la détermination des niveaux de charge de travail. Le processus d'administration des traitements de chimiothérapie a été modélisé avec la simulation à évènements discrets et a produit les données pour l'analyse.

Grâce à l'algorithme des k-moyennes, les 3 catégories suivantes ont été créées pour classer les combinaisons RP : charge de travail élevée (max. 2 patients ayant un protocole de ce type par infirmière), charge de travail moyenne (max. 3 patients ayant un protocole de ce type par infirmière), charge de travail faible (aucun maximum défini). Ces catégories donnent les lignes directrices pour répartir la charge de travail liée à l'administration de la chimiothérapie par les infirmières et pour assurer la sécurité du patient et accroître la qualité des soins donnés par les infirmières.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	iv
RÉSUMÉ	v
TABLE DES MATIÈRES	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES FIGURES.....	x
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	x
CHAPITRE 1 INTRODUCTION	1
CHAPITRE 2 REVUE DE LA LITTÉRATURE	6
2.1 Fonctionnement des cliniques d'hémato-oncologie.....	6
2.2 Utilisation des ressources matérielles et horaires de travail du personnel	9
2.3 Organisation physique et informationnelle	12
2.4 Planification des rendez-vous	13
2.5 Les prévisions	16
2.5.1 Prévision du nombre de patients	16
2.5.2 Prévision du niveau de personnel requis (dotation de personnel).....	17
CHAPITRE 3 DÉFINITION ET MESURE DE LA CHARGE DE TRAVAIL.....	21
3.1 Définition de la charge de travail	21
3.1.1 Charge de travail physique.....	22
3.1.2 La densité de travail	23
3.1.3 La complexité du travail.....	23
3.1.4 Charge cognitive	27
3.1.5 Définition retenue.....	30
3.1.6 Variables retenues	31
3.2 La mesure de la charge de travail.....	33
3.2.1 Approches empiriques.....	34
3.2.2 Approches analytiques	36
3.2.3 Variables et méthode de mesure retenues	39

CHAPITRE 4 MÉTHODOLOGIE	40
4.1 Hypothèses de recherche.....	40
4.2 Variables de recherche.....	41
4.2.1 Le protocole (P).....	41
4.2.2 Le ratio infirmière-patient (R).....	43
4.2.3 La charge de travail (Y).....	44
4.3 Plan d'expérience et modèle mathématique.....	45
4.4 Description du modèle de simulation.....	46
4.4.1 Étapes	47
4.4.2 Temps infirmier et temps de traitement	48
4.4.3 Le type d'inclusion (T.I.)	50
4.4.4 Les probabilités de complications (P(C)).....	52
4.5 Modélisation sous ARENA.....	53
4.5.1 Matrice des protocoles	53
4.5.2 Réalisation des expériences	53
4.5.3 Création des entités	56
4.5.4 Les boucles des étapes	56
4.5.5 Enregistrement des variables dépendantes.....	58
4.6 Validation du modèle de simulation	59
4.6.1 Systèmes théoriques de référence	60
4.6.2 Comparaison	61
4.7 Nombre de réplications	63
4.7.1 Évaluation du temps de calcul et de la mémoire utilisée	64
4.8 Méthodes d'analyse des résultats	65
4.8.1 Corrélations	65
4.8.2 Analyse de la variance (ANOVA)	65
4.8.4 Réunion des variables dépendantes.....	68
CHAPITRE 5 RÉSULTATS ET ANALYSE	69
5.1 Corrélations.....	69
5.2 La densité de travail (Y1).....	71
5.2.1 Analyse de la variance	71
5.2.2 Comparaison des moyennes.....	74
5.3 L'imprévisibilité (Y2)	79
5.3.1 Analyse de la variance	79
5.3.2 Comparaison des moyennes	81
5.4 Niveau d'empilement cognitif (Y4)	85
5.4.1 Analyse de la variance	85
5.4.2 Comparaison des moyennes	88
5.5 Règles d'affectation	91
5.5.1 Réunion des variables dépendantes.....	91
5.5.2 Règles d'affectation	94
5.5.3 Implication des règles d'affectation	95

CHAPITRE 6 CONCLUSION.....	97
6.1 Synthèse	97
6.2 Contribution de la recherche	99
6.3 Avenues futures de la recherche	100
RÉFÉRENCES.....	101
 ANNEXE 1	108
ANNEXE 2	119
ANNEXE 3	121
ANNEXE 4	124
ANNEXE 5	128
ANNEXE 6	130
ANNEXE 7	132

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1: Niveaux de complexité du WCA (Scherb et Weydt, 2009)	26
Tableau 4.1: Liste des protocoles retenus	43
Tableau 4.2: Description des variables retenues et mesures associées	44
Tableau 4.3: Étapes du protocole de chimiothérapie (FOLFOX 6)	48
Tableau 4.4: Temps des tâches infirmières	49
Tableau 4.5: Description du temps requis pour l'accès veineux	49
Tableau 4.6: Modélisation de l'inclusion	51
Tableau 4.7 : Niveaux de probabilité de complication	52
Tableau 4.8: Exemple du protocole FOLFOX 4 ou 6	52
Tableau 4.9: Extrait de la matrice des protocoles sous Arena	53
Tableau 4.10: Événements utilisés dans le modèle de simulation (VBA)	54
Tableau 4.11: Matrice vExpériences	55
Tableau 4.12: Horaire pour 1 infirmière pour 3 patients qui ont chacun le protocole 1 ..	55
Tableau 4.13: Statistiques enregistrées par le modèle de simulation	58
Tableau 4.14: Protocole du système de référence #1	60
Tableau 4.15: Protocole du système théorique de référence #2	61
Tableau 4.16: Résultat de la validation du modèle de simulation	63
Tableau 4.17: Détermination du nombre de réplications	64
Tableau 5.1: Coefficients de déterminations entre les Y_i	69
Tableau 5.2: R^2 pour comparer le lien de Y_2 et Y_3 avec les autres variables	70
Tableau 5.3: R^2 pour comparer le lien de Y_4 et Y_5 avec les autres variables	70
Tableau 5.4: ANOVA pour la densité de travail (Y_1)	71
Tableau 5.5: Groupements de l'algorithme des k-moyennes pour la variable Y_1	76
Tableau 5.6: Table des limites des groupes pour Y_1	77
Tableau 5.7: Combinaisons RP dans le groupe 4	78
Tableau 5.8: ANOVA pour l'imprévisibilité (Y_2)	79
Tableau 5.9: Groupements de l'algorithme des k-moyennes pour la variable Y_2	82
Tableau 5.10: Limite des groupements (Y_2)	83
Tableau 5.11: Combinaisons RP à éviter (selon Y_4)	84
Tableau 5.12: ANOVA pour l'empilement cognitif (Y_4)	85
Tableau 5.13: Groupements de l'algorithme des k-moyennes pour la variable Y_4	89
Tableau 5.14: Limites des groupements pour Y_4	90
Tableau 5.15: Combinaisons RP à éviter (selon Y_4)	91
Tableau 5.16: Réunion des ratios maximum (Y_1 , Y_2 et Y_4)	92
Tableau 5.17: Ratio infirmière-patients maximal (liste ordonnée par ratio)	93
Tableau 5.18: Classification des protocoles selon la charge de travail	94
Tableau 5.19: Catégorie des protocoles (liste ordonnée selon l'ordre du Pareto)	95
Tableau 5.20: Exemple d'horaire de traitements (horaire problématique)	95
Tableau 5.21: Exemple d'horaire de traitements (horaire corrigé)	96

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1: Horaire des traitements pour 2 infirmières	4
Figure 1.2: Horaire des tâches pour 2 infirmières	4
Figure 2.1: Cheminement général d'une clinique externe d'hémato-oncologie	8
Figure 2.2: Positionnement de la recherche	19
Figure 3.1: Éléments de la charge de travail	30
Figure 3.2: Variables dépendantes retenues selon la définition de la charge de travail	32
Figure 3.3: Approches de mesure de la charge de travail	34
Figure 4.1: Pareto des protocoles de chimiothérapie les plus administrés	42
Figure 4.2: Logique générale du modèle de simulation	47
Figure 4.3: Création des entités sous Arena	56
Figure 4.4: Déroulement du traitement (2 boucles)	57
Figure 4.5: Sortie du patient de la salle de traitement	58
Figure 4.6: Enregistrement des statistiques sous Arena	59
Figure 4.7: Types de validation d'un modèle de simulation	60
Figure 4.8: Illustration du système théorique #2	62
Figure 4.9: Exemple de graphique de détermination du nombre de groupes	67
Figure 5.1: Variables retenues pour l'analyse	70
Figure 5.2: Valeurs de la densité de travail (Y1) selon le protocole P	72
Figure 5.3: Valeurs de la densité de travail (Y1) selon le ratio infirmière-patients R	72
Figure 5.4: Graphique des interactions pour Y1	73
Figure 5.5: Somme des carrés selon le nombre de groupes (pour Y1)	75
Figure 5.6: Groupement des protocoles selon Y1 avec limites calculées	77
Figure 5.7: Valeurs de l'imprévisibilité (Y2) selon le protocole P	80
Figure 5.8: Valeurs de l'imprévisibilité (Y2) selon le ration infirmière-patients R	80
Figure 5.9: Interaction entre le ratio infirmière-patients R et le protocole P (pour Y2)	81
Figure 5.10: Somme des carrés pour différents k pour la variable Y2	82
Figure 5.11: Groupement des protocoles selon Y2	83
Figure 5.12: Valeurs de la variable Y4 selon le protocole P	86
Figure 5.13: Valeur de la variable Y4 selon le ratio infirmière-patients R	86
Figure 5.14: Interaction entre le ratio R et le protocole P (pour Y4)	87
Figure 5.15: Somme des carrés pour différents k pour la variable Y4	89
Figure 5.16: Groupement des protocoles selon Y4	90

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

PA	Mesure de la pression artérielle (prise de signes vitaux)
PLS	Mesure des pulsations cardiaques (prise de signes vitaux)
T	Prise de température (prise de signes vitaux)
R	Respiration (prise de signes vitaux)

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

Depuis maintenant quelques années, le cancer est la première cause de morbidité et de mortalité au monde (Chew, 2011). À lui seul, le cancer représente près de 30% des décès au Canada pour l'année 2013 (Advisory Committee on Cancer Statistics, 2013). Au cours de cette même année, 187 600 nouveaux cas ont été déclarés au Canada dont 48 700 seulement au Québec. Le nombre sans cesse croissant de cas de cancer force les cliniques dédiées à son traitement à réévaluer leur fonctionnement pour répondre à la demande.

Parmi les cliniques qui traitent le cancer, on peut compter celles qui administrent des doses de radiation (radiothérapie), celles qui retirent les masses cancéreuses par chirurgie et celles qui traitent par administration de substances chimiques (chimiothérapie). La chimiothérapie est le type de traitement le plus sollicité des trois puisqu'il s'administre soit pour des cas plus avancés, soit après la chirurgie ou soit en même temps que la radiothérapie. Ce sont donc les cliniques qui administrent les traitements de chimiothérapie qui sont les plus touchées par la croissance du nombre de personnes atteintes du cancer. Ces cliniques sont connues sous le nom de cliniques externes d'hémato-oncologie.

Mis à part la croissance de la demande, les avancées de la recherche sur le traitement du cancer occasionnent une augmentation du nombre et de la complexité des protocoles de chimiothérapie (Di Lorenzo *et al.*, 2010; Jabbour *et al.*, 2007; Plimack et Hudes, 2011). De plus, l'étude de Parker (2010) a révélé que le marché des traitements de cancer a connu une croissance de 22% au Canada depuis 2005 et continuera d'augmenter pour atteindre 3,7 milliards de dollars (\$US) en 2015 pour l'Amérique du Nord. Cette augmentation du marché stimule d'autant plus la recherche dans le domaine pharmaceutique et pousse au développement de nouveaux traitements de chimiothérapie, souvent plus complexes à administrer.

Couplée avec la hausse de la demande, cette augmentation de la complexité conduit au surmenage du personnel infirmier et inévitablement à l'augmentation du temps d'attente des patients.

Pour surmonter ces problèmes importants de surcharge de personnel et de temps d'attente des patients, certaines cliniques externes d'hémato-oncologie se sont tournées vers les approches d'amélioration continue comme le Lean.

Le Lean est une approche qui consiste à améliorer les processus en éliminant les différents gaspillages dans une optique de performance et de qualité. La performance en hémato-oncologie est souvent associée au temps de passage des patients (le temps passé dans la clinique) tandis que la qualité est liée au nombre d'erreurs et à la charge de travail du personnel. Cette démarche fait appel aux idées et à la créativité des équipes de travail par le biais d'ateliers d'amélioration. Dans ces ateliers, les problématiques sont identifiées en équipe et des solutions innovantes sont trouvées en vue d'une implantation rapide. Ces solutions sont incrémentales dans le sens qu'elles améliorent peu à peu les processus vers un idéal de zéro gaspillage.

L'approche d'amélioration Lean a toutefois ses limites car elle ne permet pas d'approfondir certaines questions plus complexes autrement que par la méthode d'essais et erreurs. En effet, le Lean repose sur le cycle PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) qui permet de planifier une solution à un problème (*Plan*), tenter une solution (*Do*), vérifier si le problème a été réglé par la solution (*Check*), puis agir en conséquence (*Act*). Le cycle est recommencé autant de fois que le problème n'est pas résolu. Le problème de surcharge du personnel est trop délicat à traiter par une méthode d'essais et erreurs proposée par le Lean. Pourtant, ce dernier aspect est une préoccupation majeure dans ces cliniques, surtout considérant l'augmentation du nombre de cas à traiter.

Cette recherche tire son origine de cette limitation vécue dans ces projets et s'attaque à la question de la charge de travail du personnel infirmier en hémato-oncologie. Par expérience, les infirmières savent que certains traitements occasionnent une charge de travail plus élevée que d'autres et certaines combinaisons de traitements sont à éviter. Elles remarquent aussi que certaines journées se déroulent sans surcharge tandis que d'autres sont plus pénibles pour à peu près le même nombre de patients.

Loys et Curry (2012) soulignent que la surcharge des infirmières est souvent causée par le nombre insuffisant de lits, par le fait de ne pas remplacer les congés maladie ou les vacances ou par une dotation de personnel inadéquate, soit en nombre ou en type de personnel. Selon ces auteurs, cette surcharge qui affecte la qualité des soins ne peut être abordée que par deux approches : en respectant des ratios patients-infirmières prédéfinis ou en ayant recours à des logiciels de dotation qui peuvent s'adapter au milieu de travail changeant, au matériel disponible et aux soins à donner aux patients.

En hémato-oncologie, les besoins de soins aux patients changent selon les protocoles de chimiothérapie. C'est ce qui explique le paradoxe selon lequel certaines journées se déroulent sans surcharge et d'autres avec surcharge pour le même nombre de patients. Pour illustrer cette réalité, la figure 1.1 présente un cas d'une clinique qui a une capacité de 8 fauteuils de traitement pour 2 infirmières. Dans ce cas, chaque infirmière a 4 fauteuils de traitement à gérer, autrement dit, un potentiel de 4 patients à traiter en simultané ayant chacun son protocole de traitement. La figure 1.1 montre un exemple d'horaire pour ces deux infirmières.

Heures	Infirmière 1				Infirmière 2			
	Fauteuil 1	Fauteuil 2	Fauteuil 3	Fauteuil 4	Fauteuil 5	Fauteuil 6	Fauteuil 7	Fauteuil 8
8h00	Protocole 1				Protocole 2			
8h15		Protocole 1				Protocole 2		
8h30			Protocole 1				Protocole 2	
8h45				Protocole 1				Protocole 2
9h00								
9h15								
9h30								
9h45								
10h00								

Figure 1.1: Horaire des traitements pour 2 infirmières

À première vue, aucun problème n'est visible dans cet horaire. L'une comme l'autre des infirmières a le temps de démarrer le traitement d'un patient (15 minutes), chacune d'elles a le même nombre de patients et administre un protocole en 1h15min. Par contre, le problème se pose lorsque les tâches de chaque protocole sont considérées. En effet, la figure 1.2 montre une nette différence entre le travail de l'infirmière 1 et l'infirmière 2 si l'on considère les tâches associées au protocole 1 et 2. La différence se voit lorsqu'on mesure le nombre de tâches à réaliser par heure, le nombre de conflits d'horaire, et le nombre de tâches par conflit d'horaire.

Infirmière 1				Infirmière 2			
	Fauteuil 1	Fauteuil 2	Fauteuil 3	Fauteuil 5	Fauteuil 6	Fauteuil 7	Fauteuil 8
8h00	Tâche 1						
8h15		Tâche 1					
8h30	Tâche 2		Tâche 1				
8h45	Tâche 3	Tâche 2		Tâche 1			
9h00		Tâche 3	Tâche 2				
9h15	Tâche 4		Tâche 3	Tâche 2			
9h30		Tâche 4		Tâche 3			
9h45			Tâche 4				
10h00				Tâche 4			

8 tâches/heure
5 conflits d'horaire
En moyenne 2,4 tâches/conflict d'horaire

6 tâches/heure
3 conflits d'horaire
En moyenne 2 tâches/conflict d'horaire

Figure 1.2: Horaire des tâches pour 2 infirmières

Le but de cette recherche est donc d'étudier l'affectation des traitements de chimiothérapie aux infirmières pour répartir équitablement la charge de travail. Ces règles d'affectation des traitements aux infirmières serviront à créer des horaires mieux

équilibrés pour les infirmières. Pour y arriver, les objectifs suivants devront être premièrement atteints :

1. Définir la charge de travail des infirmières et une façon de la mesurer;
2. Modéliser la charge de travail à l'aide d'un modèle de simulation pour chaque protocole;
3. Déterminer les limites admissibles de la charge de travail pour la qualité des soins et la sécurité du patient;
4. Définir des règles d'affectation des patients à partir des limites définies.

Ce mémoire présente les différentes étapes réalisées pour atteindre les objectifs présentés ci-dessus et pour répondre au besoin des cliniques externes d'hémato-oncologie dans le contexte actuel de la croissance de la demande et la diversification des traitements de chimiothérapie. Il sera divisé comme suit : une revue de littérature sur les avenues possibles pour répondre à l'augmentation de la demande dans les cliniques externes d'hémato-oncologie est présentée au chapitre 2, la définition et la mesure de la charge de travail des infirmières sont présentées au chapitre 3, la méthodologie employée est expliquée au chapitre 4, les résultats de l'expérimentation sont présentés au chapitre 5 et les résultats sont discutés au chapitre 6.

CHAPITRE 2 REVUE DE LA LITTÉRATURE

La revue de littérature sur les avenues possibles pour répondre à l'augmentation de la demande dans les cliniques externes d'hémato-oncologie est présentée en regroupant les articles selon les aspects suivants : l'utilisation des ressources matérielles (fauteuils, salles, etc.), les horaires de travail du personnel, l'organisation physique et informationnelle des cliniques, la planification des rendez-vous et les prévisions (la demande, la durée des soins). Mais avant, une brève description du fonctionnement des cliniques externes d'hémato-oncologie est présentée.

2.1 FONCTIONNEMENT DES CLINIQUES D'HÉMATO-ONCOLOGIE

Contrairement à la pratique des années 90 par laquelle les traitements de chimiothérapie étaient administrés à même l'hôpital, les traitements sont aujourd'hui presque tous administrés à l'externe dans les cliniques d'hémato-oncologie. Cette pratique permet de réduire les frais de fonctionnement.

Habituellement, une clinique de ce type est organisée de la façon suivante : un ou plusieurs médecins assurent la prescription et le suivi des traitements et une équipe d'infirmières assurent l'administration des traitements. Les traitements sont donnés dans une salle de traitement comprenant une série de fauteuils où les patients s'assoient pour les recevoir. Selon la clinique, on peut aussi y retrouver une pharmacie qui prépare les doses de chimiothérapie à administrer, une salle de prélèvement et un laboratoire qui fournissent les résultats des tests nécessaires à la consultation médicale. Certaines cliniques assurent ces fonctions à l'externe.

Lorsqu'un patient est traité par chimiothérapie, il doit suivre un protocole prescrit par le médecin. Ce protocole indique à la fois le type de chimiothérapie à administrer (le nom du produit), la fréquence des visites du patient à la clinique, la concentration des doses à chaque visite ainsi que le temps de chaque étape de l'infusion.

Il existe plus de 170 protocoles qui peuvent durer de 30 minutes à 8 heures par visite et nécessiter une série de visites s'étalant de quelques semaines à quelques mois, selon le nombre de cycles de traitement à réaliser (Green, et al., 2012).

Une dose fait référence à une quantité de produits servant au traitement du cancer. Un traitement est un ensemble de doses administrées lors d'une visite à la clinique. Un protocole fait référence au guide d'administration du produit (temps, fréquence, concentration, stabilité du traitement, effets secondaires). La chimiothérapie est la méthode de traitement du cancer qui a recours à l'injection ou l'ingestion de substances chimiques.

Du point de vue opérationnel, les patients doivent d'abord enregistrer leur arrivée et passer au prélèvement avant d'avoir la consultation médicale. Dans certaines cliniques, l'étape du prélèvement se fait à l'extérieur de la clinique ou par d'autres intervenants. À l'issue de la consultation médicale, le patient prend son prochain rendez-vous, passe à la pharmacie puis au traitement sauf si son état n'est pas adéquat pour le recevoir. Dans ce cas, il doit revenir un autre jour pour recevoir son traitement.

Les étapes de la trajectoire du patient telles que décrites ci-dessus ne sont pas forcément suivies par tous les patients. Certains ne viennent que pour le prélèvement et la consultation médicale, d'autres pour le traitement seulement et d'autres ont déjà eu leur prélèvement. Les multiples trajectoires sont synthétisées dans la cartographie générale ci-dessous (figure 2.1). On peut compter 6 trajectoires principales empruntées par les patients :

1. Enregistrement – Prélèvement
2. Enregistrement – Prélèvement – Consultation médicale
3. Enregistrement – Prélèvement – Consultation médicale - Traitement
4. Enregistrement – Consultation médicale
5. Enregistrement – Consultation médicale – Traitement
6. Enregistrement – Traitement

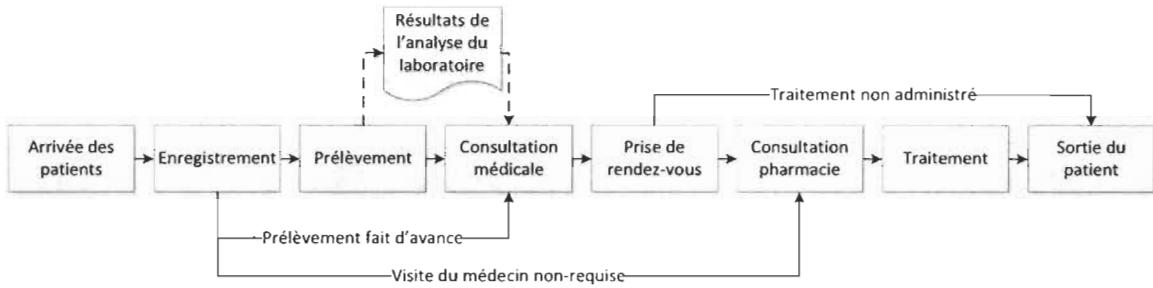


Figure 2.1: Cheminement général d'une clinique externe d'hémato-oncologie

Le fonctionnement présenté ci-dessus est représentatif des cliniques externes d'hémato-oncologie, peu importe leur endroit. C'est d'ailleurs ce qu'on peut constater en observant attentivement les différentes cartographies disponibles dans la littérature (de Raad *et al.*, 2010; Sadki *et al.*, 2012; van Lent *et al.*, 2009).

Pour évaluer la performance des cliniques externes d'hémato-oncologie, 3 indicateurs sont généralement utilisés: le temps d'attente des patients (Petrovic *et al.*, 2011), l'utilisation des ressources (Sadki *et al.*, 2010, 2012) et la durée des soins (Delaney et al., 2002). Peu importe l'étude, les indicateurs ont les définitions suivantes :

1. Le temps d'attente des patients réfère à l'addition de l'attente entre l'arrivée du patient et l'enregistrement de la visite, la fin de l'enregistrement et le début du prélèvement, la fin du prélèvement et le début de la consultation médicale, la fin de la consultation médicale et le début de la rencontre avec le pharmacien et la fin de la rencontre avec le pharmacien et le début du traitement. La composition du temps d'attente varie selon la trajectoire de chaque patient.
2. L'utilisation des ressources réfère au taux d'occupation des ressources matérielles comme les salles de consultation et les fauteuils de traitement, mais concerne aussi les ressources humaines comme les infirmières et les médecins.

3. Le temps de service concerne habituellement le temps que le patient passe dans la salle de traitement ou pour la consultation médicale. L'augmentation du temps de service est causée soit par un ratio patients-infirmière trop élevé, par des erreurs cliniques dans l'administration du traitement, la mauvaise coordination avec la pharmacie ou le type de traitement administré. Elle peut aussi être causée par un patient qui réagit mal au traitement.

2.2 UTILISATION DES RESSOURCES MATÉRIELLES ET HORAIRES DE TRAVAIL DU PERSONNEL

Le fonctionnement d'une clinique d'hémato-oncologie repose principalement sur l'utilisation des ressources matérielles (fauteuils de traitement, matériel pour soins infirmiers, pompes d'infusion, civières, traitements) et des ressources humaines (infirmières, médecins, secrétaires, nutritionnistes, pharmaciens). Une bonne utilisation de celles-ci contribue à une bonne performance de la clinique.

Pour les salles de consultation, Santibáñez *et al.* (2009) ont démontré par la simulation que la capacité de les allouer d'une manière flexible et dynamique aux médecins peut diminuer significativement le temps d'attente des patients et augmenter leur pourcentage d'utilisation. Malgré cette mesure en vigueur, ils ont démontré que le retard dans les consultations médicales en début de journée a un impact négatif sur le temps d'attente des patients tout au long de la journée. Il faut donc que les patients et le personnel soient à l'heure et que les résultats des tests soient disponibles en début de journée pour que l'allocation dynamique des salles puisse avoir son plein effet.

Par contre, White *et al.* (2011) ont démontré que l'utilisation des salles de consultation n'est pas affectée par la politique de planification des rendez-vous si cette ressource est maintenue comme le principal goulot. Ils ajoutent que l'augmentation du nombre de salles de traitement n'a plus d'effet une fois que cette ressource n'est plus le goulot. Ils concluent qu'il existe une interaction entre les éléments de l'environnement clinique

(planification, la trajectoire des patients, allocation des ressources). Cela implique que ces éléments doivent donc être pris en compte de façon intégrée pour éviter une interaction qui dégraderait les performances.

Du côté des ressources humaines, quelques recherches seulement ont porté sur le personnel traitant et l'influence de ce dernier sur la performance de la clinique. Colletti *et al.* (2012) montrent que le temps de passage est significativement affecté par l'importance attribuée à certaines valeurs par les médecins. En effet, si le médecin a comme valeur l'engagement envers la connaissance, le temps de traitement sera augmenté. Par contre, s'il a comme valeurs l'ouverture d'esprit et l'enthousiasme, ils démontrent que le temps de traitement sera diminué. Les autres valeurs des médecins à l'étude n'ont pas occasionné de changements significatifs sur le temps d'attente des patients. Les auteurs notent que les résultats de cette recherche doivent être nuancés puisqu'un compromis doit être fait entre la performance de l'enseignement réalisée par les médecins et la performance de la clinique. Laganga (2011) apporte lui aussi une réserve dans l'optimisation de l'utilisation des ressources humaines puisqu'il note que le personnel de la clinique perçoit le temps mort comme bénéfique pour réaliser des tâches essentielles au bon fonctionnement de la clinique.

La recherche opérationnelle a été utilisée pour déterminer les horaires du personnel d'une clinique d'hémato-oncologie. Sadki *et al.* (2012) ont développé un modèle de programmation linéaire mixte pour répartir la charge de travail des médecins en tenant compte de la capacité de la clinique. L'utilisation de ce modèle a permis de répartir la charge de travail sur une journée, réduisant ainsi de 30 heures en moyenne les temps à achalandage élevée sur une capacité maximale de 162 heures. Cela a permis d'accepter plus de patients.

D'autres modèles mathématiques ont été développés pour planifier l'horaire des infirmières. Par exemple, Rönnberg et Larsson (2010) ont proposé un modèle qui prend en compte les préférences des infirmières et qui génère automatiquement des horaires qui les respectent. Le fait d'utiliser la recherche opérationnelle pour les horaires des infirmières permet de réduire le temps passé à les produire manuellement et augmente la qualité des horaires produits, c'est-à-dire des horaires qui respectent les contraintes de la clinique, du syndicat et des infirmières elles-mêmes.

La recherche opérationnelle a aussi été utilisée pour réaliser l'horaire de préparation des traitements de chimiothérapie à la pharmacie d'une clinique externe d'hémato-oncologie (Mazier *et al.*, 2010). La fonction objectif est de minimiser les retards dans la livraison des traitements. Une meilleure planification de la préparation des traitements a permis de livrer 140 doses quotidiennement comparativement à 80 auparavant.

On remarque que les indicateurs de performance qui se rapportent à la charge de travail sont imprécis pour l'affectation des patients aux infirmières en hémato-oncologie. Même l'indicateur du pourcentage d'utilisation des ressources infirmières est imprécis puisqu'il ne prend pas en compte la répartition de la charge de travail dans le temps. Par exemple, une surcharge de travail durant une période de la journée peut être annulée par une absence de travail durant une autre période, donnant ainsi un pourcentage d'utilisation des ressources infirmières normal alors qu'il y a un problème de surcharge de travail. Cependant, il faudra trouver une définition de la charge de travail qui pourra être utilisée pour l'affectation des protocoles aux infirmières en hémato-oncologie.

2.3 ORGANISATION PHYSIQUE ET INFORMATIONNELLE

L'organisation physique et informationnelle de la clinique peut à elle seule contribuer à la performance de la clinique, que ce soit dans la manière dont les étapes de soins s'enchaînent (trajectoire du patient), du mode de communication employé ou de l'aménagement physique de la clinique.

L'amélioration majeure dans la trajectoire du patient d'une clinique d'hémato-oncologie a été de la scinder sur deux jours (Dobish, 2003; Holmes *et al.*, 2010; Santibáñez *et al.*, 2012). Le prélèvement ainsi que la visite médicale se font la première journée et le traitement se fait la deuxième journée. Cela donne le temps à la pharmacie de préparer le traitement si le médecin juge que l'état du patient permet de poursuivre le traitement. Dobish (2003) souligne que cette amélioration permet de préparer à temps 95% des traitements comparativement à 44% si la trajectoire était en un jour.

Puisque les modifications dans la trajectoire du patient affectent tout le fonctionnement de la clinique, elles ne peuvent être expérimentées directement sur le terrain sous peine d'investir beaucoup d'énergie dans une série de modifications sans être certain d'améliorer les services. La simulation peut pallier ce problème en évaluant l'impact d'un ou plusieurs changements sans affecter les opérations. C'est pour cela que cette technique a été largement utilisée pour étudier la trajectoire du patient et pour développer des alternatives plus performantes (Iezzi *et al.*, 2005; Rohleder *et al.*, 2007; Yokouchi *et al.*, 2012; Young, 2005).

Kallen *et al.* (2012) ont étudié l'effet combiné de trois modifications dans l'organisation d'une clinique de traitement de cancer : l'ajout d'une ligne rapide (*fast-track*), l'établissement d'un protocole de communication entre les intervenants et l'ajout d'un système de communication à la pharmacie. La ligne rapide consiste à affecter tous les traitements courts à un groupe d'infirmières et les traitements plus longs et plus complexes à un autre groupe d'infirmières.

Le protocole de communication consiste à réduire le nombre de signatures manquantes et prévoit une manière standard pour le transfert d'information entre le personnel traitant, tandis que le système de communication à la pharmacie s'est matérialisé par un écran où tous les traitements à préparer s'inscrivent en temps réel ainsi que le statut du patient qui en a besoin. Une collecte de données avant et après les modifications a démontré que ces 3 facteurs ont conjointement une influence positive significative sur le temps d'attente des patients et la satisfaction du personnel.

2.4 PLANIFICATION DES RENDEZ-VOUS

Dans les cliniques externes en général, la planification des rendez-vous a largement été étudiée (Chakraborty *et al.*, 2013; Cordier et Riane, 2013; Luo *et al.*, 2012; Norris *et al.*, 2012). L'objectif visé dans la planification des rendez-vous est de les organiser de manière à ce que les arrivées des patients optimisent les paramètres étudiés (temps d'attente du patient, pourcentage d'utilisation des fauteuils de traitement, pourcentage d'occupation des médecins, etc.). Plusieurs défis sont inhérents à la planification des rendez-vous en hémato-oncologie. On peut citer la nature cyclique des rendez-vous, le nombre élevé de patients ayant recours au traitement, la variabilité élevée dans les ressources requises (temps infirmier, temps de préparation à la pharmacie) et la complexité des traitements de chimiothérapie (Turkcan *et al.*, 2012).

En général, on peut diviser l'étude de la planification des rendez-vous en 2 catégories : l'élaboration d'outils d'optimisation (programmation mathématique, heuristique, simulation) ou l'élaboration d'une série de règles de planification à l'aide d'un modèle de simulation.

Comme outils d'optimisation, Sadki *et al.* (2010) ont développé un algorithme de Monte-Carlo. Ils l'ont appliqué à la planification à moyen et long terme des traitements de chimiothérapie et mesuré l'impact sur le lissage de l'utilisation des fauteuils de traitement. Dans leur modèle, le type de traitement et la posologie sont les plus grandes

sources de variabilité dans le temps du traitement. En complément, Sadki *et al.* (2011) démontrent la pertinence de l'utilisation d'un algorithme basée sur la relaxation Lagrangienne pour la planification journalière des rendez-vous.

D'autres modèles d'optimisation ont été développés pour la planification des rendez-vous des cliniques externes. Liu *et al.* (2010) proposent une heuristique dynamique prenant en compte les annulations de rendez-vous et les patients qui ne se présentent pas à la clinique pour leur rendez-vous. Les résultats de leur heuristique ont été démontrée en le testant dans un modèle de simulation.

Beaucoup d'outils de planification des rendez-vous ont aussi été développés pour prendre en compte les spécificités des cliniques d'héma-to-oncologie (Iezzi *et al.*, 2007; Santibáñez *et al.*, 2012; Turkcan *et al.*, 2012; Yokouchi *et al.*, 2012) . Le but de ces outils est de produire des horaires qui réduisent le temps d'attente des patients.

Comme alternative aux outils d'optimisation, des travaux ont porté sur le développement de règles de planification des rendez-vous. Ces règles visent à déterminer le temps entre les rendez-vous d'une journée ou la séquence basée sur le type de rendez-vous. Les temps entre les rendez-vous peuvent être fixes, plus longs en fin de journée, plus longs en milieu de journée, une marge de sécurité peut être ajoutée entre chaque rendez-vous, etc. Pour tester ces règles, un modèle de simulation est habituellement développé et la règle de planification qui minimise le temps d'attente des patients est considérée comme la plus performante.

White *et al.* (2011) ont testé des règles de planification pour une clinique d'héma-to-oncologie. Ils ont démontré que la planification des rendez-vous dont la variance de la durée des visites médicales est faible permet de réduire le temps d'attente des patients. Une règle presque aussi performante est de planifier la moitié des rendez-vous qui ont une faible variance sur la durée au début, suivis de ceux qui ont une durée à variance

élevée et de terminer avec l'autre moitié des rendez-vous qui ont une faible variance sur la durée. Ils concluent aussi qu'une mauvaise règle de planification des rendez-vous offre les mêmes performances qu'une absence de règles.

Ho et Lau (1999) proposent une règle pour déterminer les plages de rendez-vous à temps variable. En effet, les premiers rendez-vous sont à intervalle fixe de courte durée et les suivants sont à intervalle fixe, mais d'une durée supérieure (50% plus longs). Cela permet aux patients qui ont un rendez-vous plus tard dans la journée de ne pas attendre plus longtemps que les premiers. Ils ont eu recours à la simulation.

D'autres règles de planification sont proposées par Cardoen et Demeulemeester (2008), mais ils s'intéressent uniquement aux visites médicales. Pour développer les règles de planifications, ils utilisent eux aussi la simulation. Ils classent les rendez-vous en 3 types:

- A : première consultation médicale
- B : consultations médicales subséquentes à intervalle non défini
- C : consultations médicales subséquentes à intervalle fixe

Cardoen et Demeulemeester (2008) démontrent que les consultations médicales de type A sont les plus longues et les plus variables, suivies par les consultations médicales de type B et finalement celles de type C. La meilleure combinaison des rendez-vous pour diminuer le temps d'attente des patients et les heures supplémentaires est la suivante: C-B-A. Le non-respect de cette règle occasionne une perte de performance liée au fait que le délai dans les premières consultations médicales influence l'horaire de toute la journée.

D'autres projets similaires étudiant des règles de planification ont été réalisés (Cayirli *et al.*, 2006; Guo *et al.*, 2004; Rohleder et Klassen, 2002), mais des conclusions similaires sont proposées. En effet, quelle que soit la règle étudiée, elle doit permettre de minimiser l'impact de la variabilité dans le temps des premières visites de la journée, des annulations et des absences des patients.

2.5 LES PRÉVISIONS

2.5.1 Prévision du nombre de patients

Pour une bonne planification à moyen et long terme d'une clinique externe d'hématologie, il est utile pour les gestionnaires de prévoir le nombre de patients à traiter. Cela permet de calculer les dépenses et prévoir des changements en cas de dépassement de la capacité (engager un nouveau médecin, trouver des fonds pour un nouveau poste d'infirmière, commis, etc.)

Ces prévisions doivent fournir une bonne précision pour permettre de tirer de bonnes conclusions et éviter les erreurs stratégiques. Ceci est encore plus crucial dans le contexte actuel d'augmentation de la demande. Quelques recherches ont été faites dans ce sens et elles ont eu recours à l'intelligence artificielle.

Ainsi, pour prévoir le nombre de visites de patients dans une clinique externe, Cheng *et al.* (2008) proposent d'utiliser les séries temporelles floues. Une série temporelle est une série de données dont l'ordre chronologique a de l'importance. Ici, par exemple, la série temporelle étudiée est le nombre de patients par jour. Ces auteurs ont ajouté de l'intelligence artificielle pour augmenter la précision des prévisions.

Similairement, Hadavandi *et al.* (2012) ont eu recours à la logique floue, mais ils l'ont plutôt combinée à un algorithme génétique. Ce type d'algorithme permet la recherche d'optima grâce à une méthodologie s'apparentant à la génétique. En effet, deux solutions de départ sont créées et sont croisées pour donner de nouvelles solutions. Les nouvelles solutions générées à partir des solutions de départ sont à leurs tours croisées pour en donner d'autres et ainsi de suite. L'algorithme permet aussi des mutations, c'est-à-dire des changements mineurs dans les solutions arrivant de manière aléatoire durant le processus de génération de solutions. Chaque solution est considérée et la meilleure solution est retenue. Dans le cas des prévisions, l'algorithme a été développé pour trouver la meilleure combinaison de paramètres, qui minimise l'erreur de prévision.

Par contraste à ces approches complexes employant la logique floue, Yin *et al.* (2012) ont trouvé qu'un simple lissage exponentiel permet d'obtenir une bonne prévision sur le nombre mensuel de patients ayant un rendez-vous à la clinique. En comparant cette méthode à d'autres plus complexes, ils trouvent des résultats plus précis.

2.5.2 Prévision du niveau de personnel requis (dotation de personnel)

Au niveau des opérations il faut aussi avoir recours à des prévisions. En effet, il faut s'assurer que le personnel planifié est cohérent avec le nombre de patients planifiés ainsi qu'avec le temps requis pour le traitement de chaque patient. En hémato-oncologie, ce sont les protocoles qui dictent le temps requis par les infirmières pour chaque patient. Avec les récents développements en matière de chimiothérapie, seule la littérature depuis les années 2000 est encore pertinente pour les cliniques d'hémato-oncologie actuelles.

Delaney *et al.* (2002) proposent un indice pour la prévision de la durée des traitements de chimiothérapie. Ils concluent que le protocole administré, l'âge du patient, le type d'infusion (bolus, infusions longues) sont les variables qui expliquent le temps de traitement du patient. Ils notent toutefois que cette prévision pourrait être améliorée en incorporant une mesure de la complexité des traitements.

Cusack *et al.* (2004) proposent un système qui sert à refléter l'intensité des soins à administrer aux patients, prévoir le niveau de personnel requis, faciliter la prise de décisions de gestion tout en étant facile d'utilisation, flexible et satisfaisant pour le personnel. Ils ont classé une liste de tâches en 5 catégories selon le temps requis pour les réaliser. Pour ce faire, ils ont eu recours à la l'opinion d'experts, en ce sens qu'ils ont déterminé les temps par consensus avec le personnel de la clinique. Ces catégories ont ensuite été intégrées dans le système de prise de rendez-vous. Ce système répond bien aux attentes du personnel de la clinique, mais ne fait pas la distinction entre les particularités de chacun des protocoles de chimiothérapie.

Le *Patient Classification System* de Chabot et Fox (2005) est une autre mesure qui vise une application opérationnelle. Ce système consiste en une liste de chaque traitement avec son temps moyen d'administration ainsi que le niveau de soin requis. Dans cet outil, 3 niveaux de soins ont été définis, chaque niveau de cet outil représente une tranche de 30 minutes de soins. Les temps ont été déterminés en se basant sur l'opinion d'experts. Ils adressent seulement l'installation et l'observation initiale du patient. Ce temps sert donc à prévoir le temps entre les rendez-vous pour une même infirmière, peu importe le temps moyen d'administration du traitement.

D'autres systèmes mesurent le temps de travail des infirmières selon chaque élément du protocole de chimiothérapie (Green *et al.*, 2012). Dans ce système, les protocoles sont subdivisés en 14 éléments (accès veineux, préparation, documentation, traitement des réactions, éducation, etc.). Le temps pour chacune des étapes a été déterminé par l'opinion d'experts et l'addition des différentes valeurs donne la charge de travail associée au protocole de chimiothérapie. Au final, ce système se présente comme une liste des protocoles avec une pondération qui représente le temps total du traitement ainsi que le temps que l'infirmière doit passer avec le patient. Cette liste sert à la planification des budgets au niveau régional et provincial, autrement dit, elle sert à prendre des décisions de haut niveau.

Ces études présentent des systèmes qui évaluent le temps infirmier requis pour chaque protocole, ce qui permet de faire une dotation de personnel adéquate. Par contre, aucune d'elles n'aborde l'aspect de l'affectation des patients aux infirmières alors que, selon l'expérience vécue sur le terrain, cet aspect est crucial pour le bon fonctionnement d'une clinique d'hémato-oncologie. C'est d'ailleurs l'objectif de cette recherche, celui d'étudier l'affectation des traitements de chimiothérapie aux infirmières pour répartir équitablement le travail entre elles.

L'objectif de la recherche ainsi formulé inscrit, dans le contexte actuel d'augmentation de la demande pour le traitement du cancer et de diversification des protocoles de chimiothérapie tel qu'illustré à la figure 2.2. Cette situation crée une pression sur les cliniques d'hémato-oncologie et augmente le temps d'attente des patients et la surcharge du personnel. Cette surcharge est causée par des facteurs environnementaux (climat de travail, style de gestion utilisé, esprit d'équipe, etc.) et par une mauvaise répartition de la charge de travail des infirmières.

En vue de mieux répartir la charge de travail des infirmières et donc d'apporter une solution concrète au problème de surcharge des infirmières causé par le contexte actuel, cette recherche visera le développement d'un guide pour l'affectation des patients aux infirmières.

En somme, la revue de la littérature sur les cliniques d'hémato-oncologie a révélé que plusieurs chercheurs se sont intéressés à rendre plus performantes les cliniques externes par l'étude du taux d'occupation des ressources, de la planification des rendez-vous, des prévisions de la demande et du personnel et de l'organisation physique des cliniques. Ces aspects ont majoritairement visés à réduire l'effet de l'augmentation du temps d'attente des patients. Tel qu'illustré à la figure 2.2, le temps d'attente ne touche qu'une partie de l'effet de la croissance de la demande pour le traitement du cancer ainsi que la diversification et la complexification des traitements de chimiothérapie.

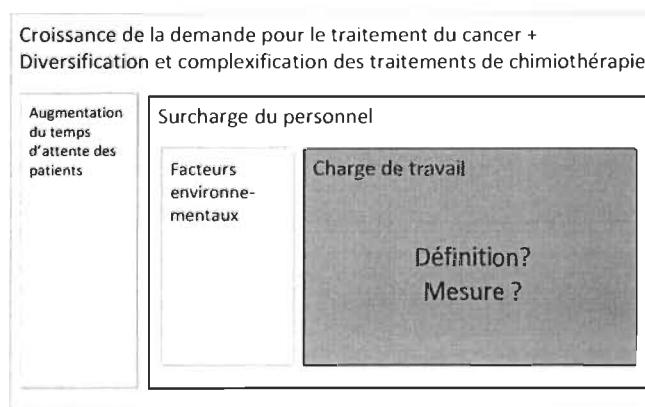


Figure 2.2: Positionnement de la recherche

Cette recherche traite plutôt de la surcharge de travail du personnel infirmier d'une clinique d'hémato-oncologie, de la manière qui pourrait rendre l'administration des traitements plus sécuritaire, moins exigeant pour les infirmières et de meilleure qualité. Pour ce faire, il est impératif d'avoir une bonne définition ainsi qu'une façon efficace de mesurer la charge de travail. C'est ce qui sera traité dans le prochain chapitre.

CHAPITRE 3 DÉFINITION ET MESURE DE LA CHARGE DE TRAVAIL

Pour définir et mesurer la charge de travail des infirmières en hémato-oncologie, on doit considérer les deux principales disciplines qui l'ont étudié: l'ergonomie et les sciences infirmières. L'ergonomie s'intéresse principalement à la mesure de la charge de travail physique et mentale, tandis que les sciences infirmières cherchent à comprendre les facteurs influençant la charge de travail pour les infirmières et s'intéresse aux moyens de mieux la gérer.

Une revue de littérature sera d'abord faite sur les recherches réalisées en sciences infirmières qui ont aidé à définir la charge de travail des infirmières. Elle sera suivie d'une revue de littérature sur les moyens disponibles pour mesurer la charge de travail issus de l'ergonomie. De tous les aspects traités dans la littérature à propos de la charge de travail des infirmières, les variables pertinentes à cette recherche seront déterminées dans la dernière section de ce chapitre.

3.1 DÉFINITION DE LA CHARGE DE TRAVAIL

La charge de travail a été définie dans le domaine des sciences infirmières comme étant **la quantité et la complexité** du travail requise dans une situation donnée (Hastings, 1987). D'autres définitions sont également utilisées et au lieu de parler de complexité de travail, elles insistent sur la **charge cognitive** ou la notion de l'intensité de l'**effort mental** fourni par le travailleur pour répondre aux exigences d'une tâche donnée (Teiger et al., 1973).

La multitude de termes et définitions découle du grand nombre de travaux réalisés pour définir les facteurs affectant la charge de travail dans le milieu hospitalier. En effet, la charge de travail a été étudiée pour une vaste gamme de tâches et occupe ainsi une place importante dans la littérature sur la charge de travail (Beswick *et al.*, 2010). Généralement, le but de ces recherches est de déterminer le personnel requis pour la sécurité du patient ou pour limiter le nombre de cas d'épuisement professionnel

(Shang *et al.*, 2013). D'autres études visent aussi des problématiques liées à la gestion comme l'allocation des budgets et les prévisions de personnel (Green *et al.*, 2012).

Peu importe le but de ces études et la terminologie employée, une revue des facteurs affectant le travail des infirmières permettra de dégager des variables utiles à la modélisation par simulation de la charge de travail des infirmières en hémato-oncologie.

3.1.1 Charge de travail physique

Bien que la charge de travail physique soit importante pour les infirmières dans certains secteurs du domaine de la santé, elle ne sera pas traitée dans cette recherche puisque les tâches n'ont pas de composante physique en hémato-oncologie. En effet, les niveaux élevés de charge de travail physique des infirmières sont observés majoritairement lors du transfert des patients, activité dans laquelle les infirmières en hémato-oncologie sont très peu impliquées (Engkvist *et al.*, 2000).

Le travail infirmier en hémato-oncologie occasionne, par contre, une charge de travail mentale qui peut être parfois très élevée. En effet, les infirmières doivent réaliser des tâches directes comme l'évaluation de la condition du patient, la surveillance clinique, la prise de mesures diagnostiques et doivent aussi réaliser des tâches indirectes comme les déplacements, l'approvisionnement en matériel, le classement, la planification, les discussions au téléphone (Carayon et Alvarado, 2007). Les tâches indirectes en hémato-oncologie représentent plus de 60% de leur emploi du temps et, tout comme les tâches directes, affectent la charge mentale (Blay *et al.*, 2002; Moore et Hastings, 2006).

La littérature concernant la charge de travail mentale peut être divisée en trois catégories : la densité de travail, la complexité de travail et la charge cognitive.

3.1.2 La densité de travail

Blay *et al.* (2002) ont mesuré la charge de travail par le nombre de patients à traiter et le nombre d'heures de travail réalisées par jour par les infirmières. Le nombre de patients n'explique qu'approximativement la charge de travail puisque cette variable ne considère pas le nombre de tâches requises pour traiter chaque patient.

En complément au nombre de tâches à réaliser, le temps doit absolument être considéré pour une bonne définition de la charge de travail (Carayon et Alvarado, 2007; Hendy *et al.*, 1997). En effet, la quantité de travail peut être élevée, mais lorsque nivélée dans le temps, elle n'a pas le même impact sur le travail des infirmières. On parlera donc de densité de travail qui peut être mesurée par le nombre de tâches à réaliser par unité de temps.

3.1.3 La complexité du travail

Tel que défini par Ladyman *et al.* (2013), la complexité résulte de l'interconnexion d'un grand nombre de composantes qui sont agencées de manière à former un tout difficile à décrire et expliquer dans son ensemble. Pour mesurer le degré de complexité, plusieurs mesures ont été développées, que ce soit en informatique, en physique, en médecine, en gestion ou autres domaines scientifiques. Pour aider à synthétiser ces différentes métriques de la complexité, Lloyd (2001) les regroupe en trois catégories : la complexité de description, de création et d'organisation.

Pour le domaine de la santé, la catégorisation de Lloyd (2001) se définit de la manière suivante : la complexité de diagnostic, la complexité opérationnelle et la complexité de planification/gestion. Cette catégorisation permet d'avoir une vue d'ensemble sur le nombre important de définitions et de métriques (Turner et Cuttler, 2011).

La complexité de diagnostic se retrouve dans les tâches associées au diagnostic, au choix de la prescription et à l'évaluation de la condition du patient. Autrement dit, c'est la complexité de reconnaître la maladie chez le patient et de prendre la bonne décision sur le traitement approprié. La complexité de diagnostic est principalement causée par le fait qu'il existe de plus en plus de traitements salutaires, que la population est vieillissante et qu'il existe beaucoup de nouveaux traitements suite aux recherches dans le domaine médical (Wolff *et al.*, 2002). La hausse des traitements salutaires et la population vieillissante causent la comorbidité, ce qui signifie la présence simultanée de plusieurs troubles de santé pour un même patient (Feinstein, 1970).

La comorbidité est considérée comme la forme majeure de la complexité clinique (Safford *et al.*, 2007) à un point tel que Friedman *et al.* (2006) proposent de compter leur nombre comme unique métrique de la complexité du cas d'un patient. Mezzich et Salloum (2008) arrivent sensiblement aux mêmes conclusions, mais ajoutent à la complexité de diagnostic le défi d'harmoniser le diagnostic et le remboursement des assurances. Ce facteur est aussi souligné par Safford *et al.* (2007) qui l'associe aux facteurs socioéconomiques au même titre que l'absence d'assurance, le faible niveau d'éducation de certains patients, le manque de moyen de transport pour se déplacer vers l'hôpital et le contexte professionnel et familial.

Bien que la complexité de diagnostic soit reliée au travail du médecin, ces réalités sont aussi présentes pour les infirmières. En effet, elles doivent surveiller des patients ayant plusieurs maladies (comorbidité) et doivent composer avec l'état changeant des patients, ce qui rend la tâche de surveillance plus incertaine et donne des interventions complexes.

La complexité de planification et de gestion rend compte des interactions entre les différentes étapes de traitement des patients. Elle est principalement liée à la détermination du personnel requis, la planification des ressources requises et à la planification des rendez-vous. Le cheminement clinique du patient présente une complexité élevée puisqu'un grand nombre d'intervenants doivent se coordonner pour offrir les soins à un nombre élevé de cas uniques (de Jonge *et al.*, 2006; Grant *et al.*, 2011).

Selon Stacey (2007), la complexité de planification et gestion dans le milieu hospitalier sont fonction du degré de désaccord et du degré d'incertitude. Un degré de désaccord élevé se produit lorsque les différentes parties prenantes ne sont pas d'accord sur les décisions à prendre dans un contexte donné. Une incertitude élevée se produit lorsque la relation de cause à effet dans un système est très faible et donc qu'il est difficile de prévoir ce qu'une décision aura comme impact dans une situation donnée. La complexité se produit lorsqu'un des deux facteurs est élevé ou que les deux facteurs sont chacun moyennement élevés.

Cette complexité vécue par les gestionnaires est aussi vécue par les infirmières qui doivent passer plus de temps à communiquer avec les autres intervenants du cheminement clinique pour s'assurer de la bonne continuité des soins et doivent prendre en compte les contraintes des autres départements dans leur planification.

Finalement, la complexité opérationnelle se rapporte aux soins que le personnel traitant doit fournir aux patients. Comparativement aux deux autres types qui se rapportent au diagnostic ou à la planification et la gestion des soins, la complexité opérationnelle est causée principalement par les changements constants des soins suivant la condition changeante du patient. Ces modifications dans les traitements rendent les soins non standards, imprévisibles et donc plus complexes (Weiss, 2007).

La complexité opérationnelle est aussi causée par le comportement du patient. En effet, les retards, les absences, le non-respect de la posologie et le déficit cognitif augmentent la complexité de donner les soins appropriés (de Jonge *et al.*, 2006; Grant *et al.*, 2011; Safford *et al.*, 2007).

La complexité des soins a été quantifiée par le groupe de consultants Creative Health Management (Scherb et Weydt, 2009). Dans les années 1980, le groupe a développé le programme d'évaluation de la complexité du travail, le *Work Complexity Assessment*. Ce programme visait à catégoriser la complexité des tâches des infirmières dans le but d'aider à la délégation des tâches moins complexes pour maximiser l'utilisation des ressources infirmières en temps de pénurie de personnel infirmier. Selon l'échelle développée par ces chercheurs, il existe 4 niveaux de complexité répartis du niveau 2 à niveau 5. Le tableau 3.1 montre seulement les niveaux extrêmes puisque les autres niveaux ne sont que les nuances entre ceux-ci. Cette classification de la complexité a été développée pour être utilisée avec les classifications couramment utilisés dans le domaine (*Nursing Interventions Classification* et *Nursing Outcomes Classification*).

Tableau 3.1: Niveaux de complexité du WCA (Scherb et Weydt, 2009)

Complexité minimale	Complexité maximale
Connaissances de base	Maîtrise complète
Tâches bien définies	Approches et techniques innovantes
Procédures établies	Application des connaissances au-delà des procédures établies
Tâches facilement observables	Perception holistique des situations
Complications facilement reconnaissables	Prise d'actions préventives
Problèmes rencontrés fréquemment	Résolution de problèmes complexes

Krichbaum *et al.* (2007) ont traduit le concept de complexité du travail infirmier par ce qu'ils nomment le phénomène de compression complexe (*Complexity Compression*). Ils définissent la compression complexe comme ce que vivent les infirmières lorsqu'on s'attend à ce qu'elles assument des responsabilités additionnelles tout en conservant

leurs multiples responsabilités et le tout, condensées dans un court délai. Leur étude a permis de comprendre que les facteurs contributifs à la compression complexe sont ceux liés au système : les défaillances du système, les changements dans la documentation, l'absence d'alternative en cas de bris, les nouvelles lois et les nouveaux règlements, les budgets à respecter, le manque de personnel, la dépendance aux nouvelles technologies mises en place.

En radiothérapie, le Basic Treatment Equivalent (BTE) a été utilisé pour mesurer la complexité et la durée des traitements (Burnet *et al.*, 2001; Craighead *et al.*, 2001; Delaney *et al.*, 1997; Delaney *et al.*, 1999). Cette mesure est issue d'un modèle de régression multiple qui donne le temps d'un traitement grâce à un ensemble de variables. Le modèle a été obtenu grâce à un échantillon important de patients. Le même travail a été réalisé pour les traitements de chimiothérapie pour définir un indice de durée des traitements, mais la complexité n'a pas été prise en compte (Delaney *et al.*, 2002). Dans cette étude, le temps de traitement est donné selon l'âge, la nécessité de la présence d'une infirmière auxiliaire, le nom du protocole et le type d'infusion.

3.1.4 Charge cognitive

Pour expliquer la charge mentale, le concept de charge cognitive a été développé. Il fait référence à l'activité mentale imposée sur la mémoire de travail (mémoire à court terme) à un instant donné (Sweller *et al.*, 1998). La charge cognitive peut être décomposée en 3 types: la charge induite par la complexité de tâche elle-même (intrinsèque), la charge induite par la manière dont l'information est présentée (extrinsèque) et la charge qui peut être diminuée par l'apprentissage (germane). Seules les charges cognitives intrinsèque et extrinsèque s'additionnent pour donner la charge mentale. Cette catégorisation est généralement acceptée dans la littérature, mais fait l'objet de critiques sur la pertinence de la charge cognitive germane (de Jong, 2010; Gerjets *et al.*, 2009; Schnotz et Kürschner, 2007).

Dans le contexte des soins infirmiers, le fait que plusieurs tâches doivent se faire en simultané oblige l'infirmière à fournir un effort pour prioriser ses actions (voir la figure 1.2 présentée au chapitre 1). Cette priorisation engendre une prise de décisions cliniques qui implique l'identification des problèmes, le choix de l'intervention à apporter et le jugement sur l'urgence de l'intervention. C'est un processus de résolution de problèmes qui requiert une attention soutenue pour assurer au patient le meilleur traitement possible (Shirey *et al.*, 2013). Le nombre d'éléments à traiter simultanément est d'ailleurs le facteur majeur qui contribue à la charge cognitive (de Jong, 2010).

Lorsqu'une tâche est en cours, toutes les autres tâches sont gardées en mémoire et l'infirmière reste alerte à tous changements qui pourraient modifier sa priorisation des tâches. Si une tâche devient urgente, il faudra qu'elle fasse une pause sur sa première tâche, garder en mémoire l'état d'avancement de celle-ci et aller à la tâche à réaliser en urgence. C'est alors qu'il y a un morcellement des tâches, ce qui est appelé empilement cognitif ou *cognitive stacking* (Ebright, 2010; Patterson *et al.*, 2011; Sitterding *et al.*, 2012). Cet empilement cognitif est régulier pour les infirmières puisque la moitié de toutes les interruptions de tâches qu'elles subissent survient lorsqu'elles sont en intervention auprès d'un patient (Potter *et al.*, 2005).

Les interruptions qui n'induisent pas un empilement cognitif augmentent toutefois la charge cognitive de l'infirmière (Grundgeiger *et al.*, 2010). Il est démontré que les interruptions sont le plus grand indicateur de la charge de travail des infirmières (Myny *et al.*, 2012). Bien que cela ait une influence sur le travail infirmier, aucune évidence ne permet d'affirmer que les interruptions diminuent la qualité des services (Hopkinson et Jennings, 2013).

Ebright *et al.* (2003) ont été les premiers à explorer les facteurs cognitifs qui influencent la performance des infirmières. Les facteurs cognitifs influencent aussi le processus décisionnel et les stratégies de gestion de leur travail. Ils ont démontré que les facteurs déterminants étaient la connaissance et l'attention portée au problème par l'infirmière et les facteurs liés à l'environnement de travail comme les obstacles, les priorités multiples, les informations manquantes et les comportements entourant la situation où les soins doivent être donnés. Ils ont aussi démontré que la charge cognitive extrinsèque était causée par la gestion du manque d'équipement ou de médicaments et par le fait que les patients se trouvent à plusieurs endroits physiques différents.

Potter *et al.* (2005) ont observé le travail des infirmières et ont développé un outil pour le représenter, le diagramme de cheminement cognitif (*cognitive pathway*). Ce diagramme est constitué d'une suite de liaisons cognitives (exemple à l'annexe 2). Une liaison cognitive est une séquence ou une connexion entre 2 éléments d'une tâche : par exemple, préparer la médication et aller la porter au patient. Le graphique incorpore aussi l'occurrence des interruptions dans le temps et recense le nombre de fois que l'infirmière change son attention de place. Ces changements sont nommés changements cognitifs (*cognitive shifts*). Selon eux, le nombre de changements cognitifs augmente le risque d'erreurs. Cette affirmation ne se base sur aucune donnée probante. Ils ont mesuré le nombre de liaisons par heure dans une unité de soins intensifs et l'ont défini comme un indicateur de charge cognitive.

Burger *et al.* (2010) ont étudié l'impact de l'expérience de l'infirmière sur ses stratégies cognitives (priorisation et repriorisation, anticipation et outils d'aide à l'organisation). Les infirmières d'expérience ont tendance à planifier et prioriser une tâche de manière proactive, contrairement aux infirmières moins expérimentées. Avec l'expérience, elles savent amasser d'avance l'information pertinente tandis que les moins expérimentées ont du mal à déterminer l'information pertinente et celle de moindre importance (Ebright, 2010). L'expérience de l'infirmière jouerait donc un rôle important dans la charge cognitive d'une tâche.

Des facteurs environnementaux comme le climat de travail, la charge émotionnelle peuvent contribuer à la surcharge des infirmières. Par contre, ces facteurs ne seront pas traités dans ce mémoire puisqu'ils sont des facteurs contributifs sans faire partie de la charge de travail.

3.1.5 Définition retenue

Les différents articles présentés dans les sections précédentes ont permis de mettre en relation plusieurs aspects de la charge de travail des infirmières. La figure 3.1 présente ces aspects de la charge de travail dans le contexte de la présente recherche.

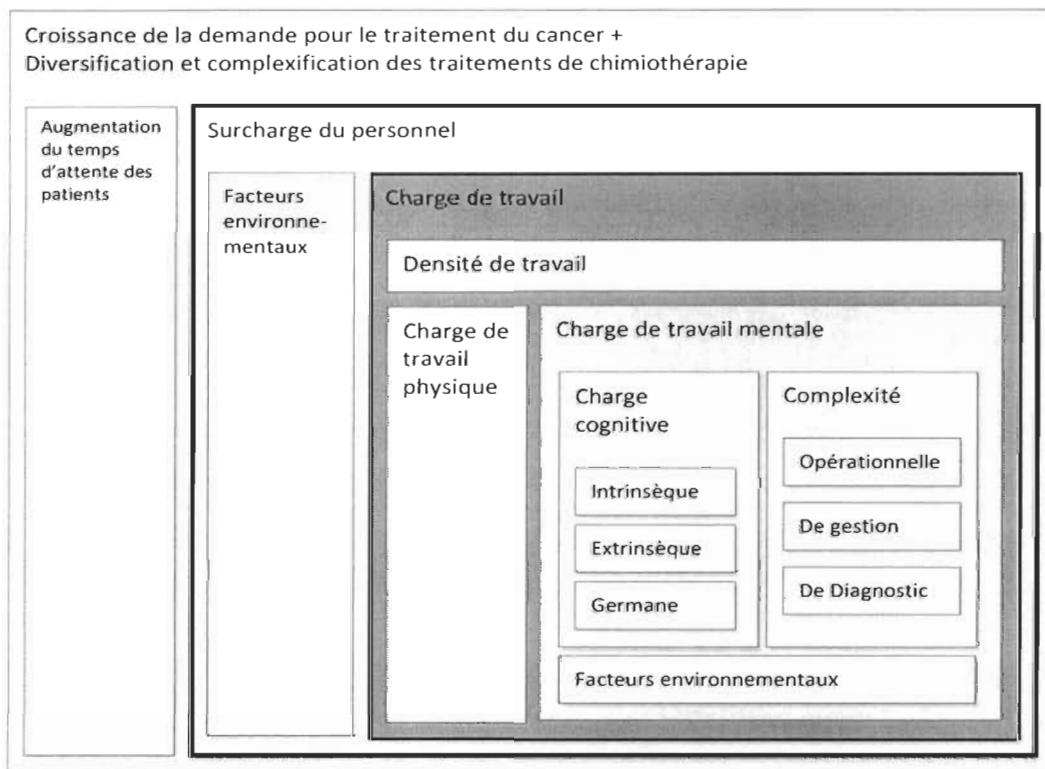


Figure 3.1: Éléments de la charge de travail

La définition de la charge de travail des infirmières en hémato-oncologie qui découle directement de cette revue de la littérature est la suivante : caractère du travail demandé à l'infirmière considérant la densité de ce travail, la complexité des tâches qui le compose, et la charge cognitive qui lui est associé.

Cette définition prend en compte le nombre de tâches demandées à l'infirmière et leur répartition dans le temps (densité de travail). Elle prend aussi en compte l'interconnexion du grand nombre de tâches opérationnelles, de gestion ou de diagnostic qui sont agencées de manière à former un travail difficile à décrire et expliquer dans son ensemble (complexité). Finalement, cette définition prend en compte l'utilisation de la mémoire à court terme que requiert le travail demandé à l'infirmière (charge cognitive).

Bien que les facteurs environnementaux aient une répercussion sur la charge mentale des infirmières, ils ne sont pas inclus dans la définition utilisée pour cette recherche. Pour la même raison, la définition n'inclura ni la charge cognitive extrinsèque puisqu'elle est extérieure à la tâche elle-même, ni la charge cognitive germane puisqu'elle fait référence à l'apprentissage et l'expérience des infirmières. Ces trois aspects ne sont pas directement liés à la tâche elle-même.

3.1.6 Variables retenues

Les variables retenues doivent, peu importe la méthode de mesure, couvrir les différents éléments de la définition présentée à la section précédente pour s'assurer de couvrir l'ensemble des aspects de la charge de travail des infirmières. La densité du travail pourra être directement mesurée par le nombre de tâches par unité de temps (Y1)

Un aspect important de la complexité du travail en hémato-oncologie est l'imprévisibilité des tâches (Y2). Cet aspect est directement lié aux changements fréquents de la condition du patient en hémato-oncologie. Ces changements sont directement liés au fait que certains traitements occasionnent beaucoup d'effets secondaires. Tel que mentionné plus haut, le facteur de l'imprévisibilité rend compte de la complexité opérationnelle.

La charge cognitive sera expliquée par les variables suivantes : le multitâche (Y3), le niveau d'empilement cognitif (Y4) et la priorisation (Y5). Le multitâche est le fait que plusieurs tâches sont réalisées en même temps par l'infirmière. L'empilement cognitif définit le « poids mental » de ces tâches en mémoire. La priorisation se passe lorsque deux tâches doivent être faites au même moment et que l'infirmière doit prioriser l'une d'elles. Souvent, elle fera partiellement chacune des tâches et ce, en alternance, jusqu'au moment de les terminer. Ces trois variables sont directement liés à l'utilisation de la mémoire à court terme. A priori, rien ne prouve que ces trois variables sont corrélées, bien que leurs définitions semblent liées.

La figure 3.2 présente sous forme schématique les différentes variables choisies pour caractériser la charge de travail des infirmières liée à l'administration de la chimiothérapie en hémato-oncologie. À noter que certaines de ces variables ne seront pas traitées dans cette recherche, mais pourront faire l'objet de futures recherches.

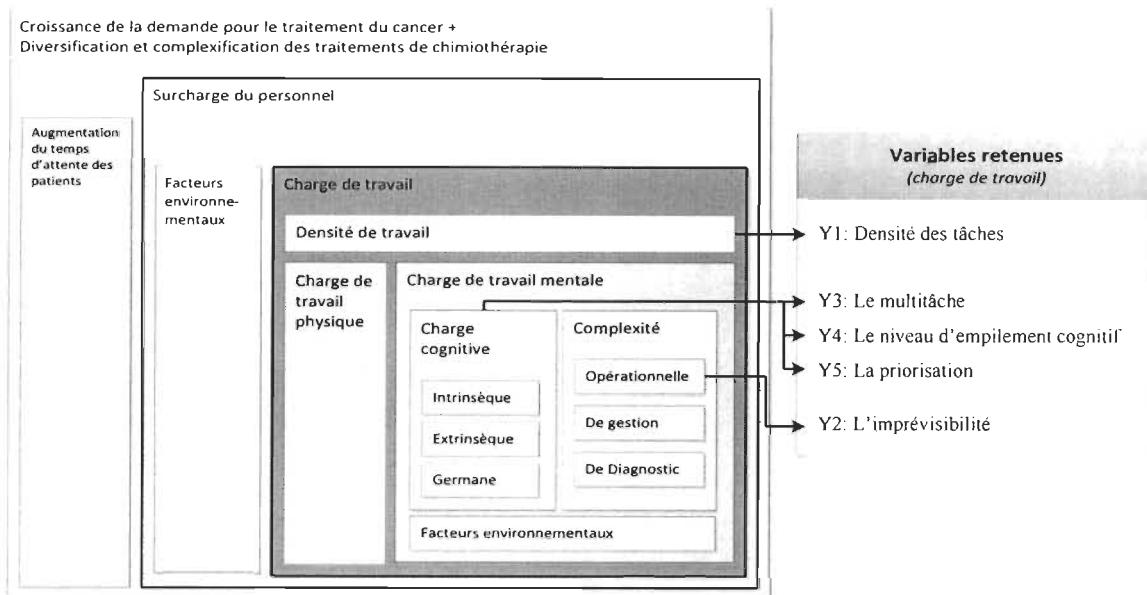


Figure 3.2: Variables dépendantes retenues selon la définition de la charge de travail

3.2 LA MESURE DE LA CHARGE DE TRAVAIL

Traditionnellement, la charge de travail a été étudiée en ergonomie pour des tâches industrielles physiquement exigeantes. Avec l'essor de l'ordinateur, plusieurs tâches utilisant des ressources mentales ont fait leur apparition d'où l'intérêt des travaux de recherche pour la quantification du travail mental. C'est donc très tôt dans les années 1960 que les chercheurs se sont tournés vers la manière dont l'être humain perçoit l'information et la traite pour quantifier l'effort mental requis par une tâche. Cela a donné naissance à l'ergonomie cognitive (Sanders, 1993).

Les chercheurs en ergonomie cognitive se sont intéressés plutôt à la mesure de la charge mentale qu'à sa définition (Hancock et Caird, 1993). C'est ce qui explique qu'aucune définition de la charge mentale n'est acceptée universellement (McCloy *et al.*, 1983). Toutefois, les concepts de base ont été suffisants pour guider la recherche sur la mesure de la charge de travail mentale.

Pour mesurer la charge de travail des infirmières, deux grandes approches sont disponibles: l'approche analytique et l'approche empirique. La figure 3.3 montre les 9 méthodes de mesure qui découlent de ces deux approches selon la catégorisation de Hill *et al.* (1987).

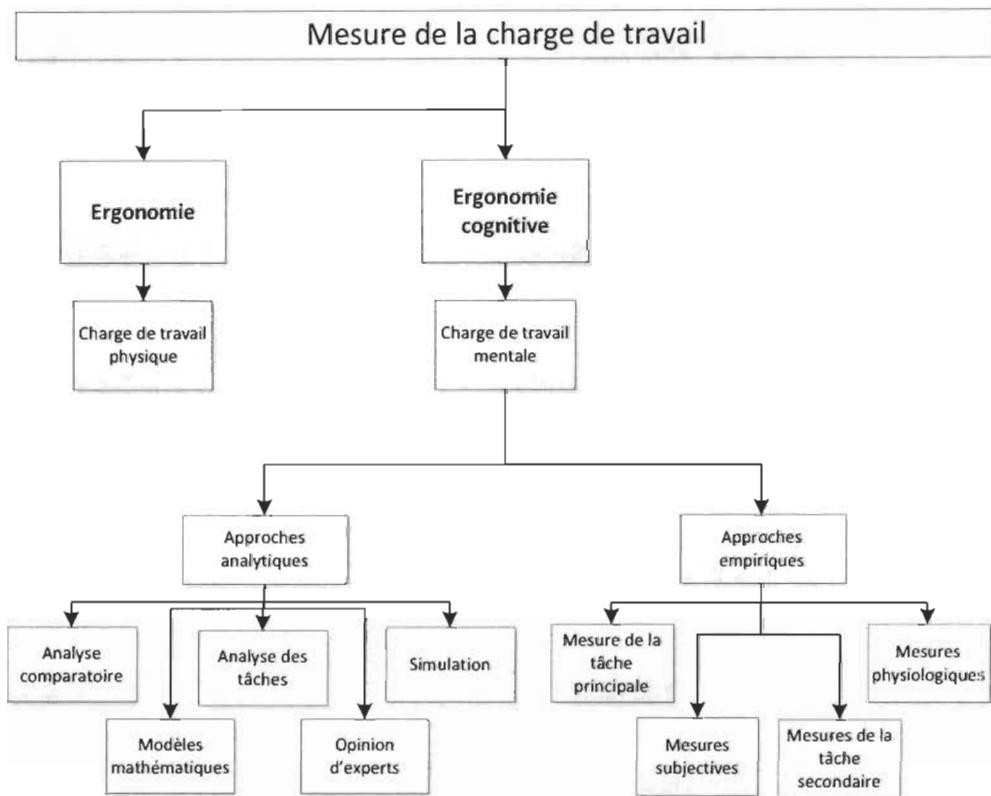


Figure 3.3: Approches de mesure de la charge de travail

3.2.1 Approches empiriques

Les approches empiriques disponibles sont la mesure de la charge de la tâche principale, la mesure de la charge mentale de la tâche secondaire, les mesures physiologiques et les mesures subjectives (Sanders, 1993).

La mesure de la tâche principale assume que la performance de l'exécution de la tâche principale est fonction de la charge mentale de celle-ci tandis que la mesure de la tâche secondaire mesure la charge mentale résiduelle, celle qui n'est pas utilisée par la tâche principale. En effet, la capacité de l'individu qui n'est pas employée pour exécuter la tâche principale (ex. : conduire) demeure disponible pour réaliser la tâche secondaire (ex. : parler). En vérifiant la capacité de réaliser en simultané différentes tâches secondaires de référence, on peut évaluer la charge de travail requise par la tâche primaire.

Les mesures physiologiques exploitent la corrélation entre des caractéristiques physiologiques et la charge de travail. Par exemple, la mesure du diamètre de la pupille ou la variabilité de la fréquence cardiaque sont utilisées comme indicateurs de la charge de travail du travailleur. Des tests comme le Multivariate Workload Index (Miyake, 2001) et le Borg CR10 Scale (Borg, 1998) ont été développés sur des mesures physiologiques. Ces mesures sont utilisées dans le domaine industriel ou militaire.

Les mesures subjectives sont de loin les plus répandues et les plus performantes (Lehto, 2008). Ce type de mesure se fait grâce à des échelles d'évaluation que le travailleur remplit tout de suite après la tâche à évaluer. Elles prennent en compte l'effort mental, le stress, les frustrations, l'effort physique perçu, la perception de la performance et les contraintes de temps. (Salvendy, 2012) souligne le fait que les mesures subjectives ne sont pas à négliger puisque ce sont des mesures simples qui donnent des résultats généralement très représentatifs de la performance du travailleur. Les mesures subjectives les plus répandues sont le *Task Load Index* (NASA-TLX) (Hart et Staveland, 1988) et le *Subjective Workload Assessment Technique* (SWAT) (Reid et Nygren, 1988). D'autres mesures comme le *Workload Profile* (WP) (Tsang et Velazquez, 1996) ont été développées pour la mesure subjective de la charge mentale, mais leur usage est beaucoup moins répandu.

Le NASA-TLX mesure la charge de travail par un questionnaire comprenant 6 échelles graduées, de faible à élevée, et 15 paires de critères qui attribuent une pondération aux échelles (Hart et Staveland, 1988). La mesure se déroule comme suit : les paires de critères sont présentées dans un ordre aléatoire au travailleur qui définit lequel des éléments lui a semblé le plus important dans la tâche. Par la suite, le travailleur remplit le questionnaire des 6 échelles. Ces dernières mesurent l'exigence mentale, physique et temporelle, la performance, l'effort et la frustration vécue par le travailleur durant la tâche. Le résultat donne un indice de la charge de travail compris entre 0 et 100. À titre de référence, les échelles du NASA-TLX ont été placées dans l'annexe 3.

Le SWAT mesure la charge de travail par 3 échelles : l'effort mental, l'effort physique et la charge temporelle (Reid et Nygren, 1988). Le travailleur doit les classer des affirmations en ordre de pertinence selon sa perception du travail (référence à l'annexe 3). Le résultat est ensuite converti en un pointage compris entre 0 et 100 ce qui donne l'indice de la charge de travail.

La littérature ne rapporte aucune application directe de ces méthodes pour le cas particulier du travail infirmier en hémato-oncologie. Par contre, les méthodes subjectives telles que le NASA-TLX pourraient éventuellement être utilisées. En effet, 4% de toute la littérature utilisant le NASA-TLX portent sur le domaine médical, même si ce test a été développé pour l'aérospatial (Hart, 2006). Par exemple, Mazur *et al.* (2012) l'ont utilisé pour établir un lien entre la charge de travail du personnel en radiothérapie et le nombre d'erreurs médicales. L'échelle physiologique de Borg (1998) a été utilisée pour des infirmières dans les centres d'hébergement et de soins de longue durée (Engels *et al.*, 1994). Cette utilisation de l'échelle physiologie est, par contre, liée à la charge de travail physique occasionnée par le transfert des patients, ce qui n'est pas pertinent dans l'administration de la chimiothérapie en hémato-oncologie.

3.2.2 Approches analytiques

Les approches analytiques communément utilisées pour mesurer la charge de travail sont l'analyse comparatoire, les modèles mathématiques, l'analyse des tâches, l'opinion d'experts et les modèles de simulation (Ted, 2005).

L'analyse comparatoire permet de mesurer la charge de travail induite par un système en le comparant à un système de référence connu. Cette technique est peu documentée puisqu'elle est réalisée souvent informellement dans les étapes de conception de nouveaux systèmes comme, par exemple, un cockpit d'avion. En effet, le nouveau cockpit est comparé à un déjà existant pour s'assurer que la charge mentale sera comparable dans son utilisation réelle. Malone *et al.* (1988) proposent cette approche pour le domaine militaire.

Les modèles mathématiques, quant à eux, permettent de calculer la charge de travail mentale d'une tâche par le biais de formules. Ces formules s'appuient sur des théories par exemple la théorie des files d'attente. Cette technique a été utilisée avec succès pour calculer la charge de travail des tâches surveillance et de contrôle (Senders et Posner, 1976). Ils ont considéré le nombre d'écrans ou d'éléments à surveiller comme des actions qui se mettent dans une file d'attente et qui nécessitent un temps de traitement. Le nombre d'éléments en attente et la longueur des files d'attente des tâches donnent une mesure de la charge de travail.

L'analyse des tâches permet de réaliser une analyse systématique des différentes composantes d'une tâche et de la transposer sur une ligne de temps. La charge de travail peut ensuite être estimée et les éléments inutiles de la tâche peuvent être éliminés ou modifiés pour diminuer la charge de travail. Trois modèles ont été développés pour l'analyse des tâches : le TLAP (*Time-Line Analysis and Prediction*), le VACP (*Visual, Auditory, Cognitive, Psychomotor*) et le W/INDEX (*Workload Index*) (Ted, 2005).

Semblable à l'analyse des tâches, la simulation vise à faire une approximation de la charge de travail en décomposant les tâches en sous-tâches psychologiques interreliées entre elles de manière dynamique sur ordinateur. Toutefois, certains modèles de simulation visent à recréer un environnement de manière artificielle (en laboratoire) ou de manière virtuelle (sur ordinateur) pour que le sujet puisse interagir avec et ainsi évaluer le niveau de charge de travail.

Liao et Moray (1993) ont modélisé 4 types de tâches élémentaires (tâche de suivi, tâche de prise de décisions, tâche de surveillance et tâche de calcul mental) dans un logiciel de simulation à événements discrets. En combinant ces 4 tâches élémentaires, ils ont pu prévoir la charge de travail de différentes tâches de la vie courante d'une manière précise. Par contre, le modèle a été validé seulement pour des tâches qui impliquent l'acquisition d'information par la vision, par exemple, la tâche de surveillance d'écrans dans une salle de contrôle.

Plusieurs années plus tard, d'autres modèles ont été développés pour évaluer l'efficacité des interfaces utilisateurs de centrales nucléaires (Lee et Seong, 2009). Ils ont réussi à modéliser l'attention de l'opérateur, la diminution de la mémoire à court terme et les modèles mentaux de diagnostic en vue d'offrir une mesure standard pour l'évaluation des interfaces de contrôle et ainsi réduire le risque d'erreurs.

Bien que ces recherches aient démontré la pertinence de la simulation pour mesurer la charge de travail, on ne retrouve aucune application dans la littérature pour le travail des infirmières en hémato-oncologie,. Dans ce domaine, les chercheurs ont plutôt favorisé l'opinion des experts en vue de prévoir la charge de travail.

L'opinion des experts permet de mesurer la charge de travail d'une tâche en utilisant la connaissance qu'ont les experts dans le domaine. Par exemple, on demande à une infirmière combien de temps en moyenne elle passe pour réaliser une tâche précise au lieu de la chronométrier jusqu'à l'obtention d'un échantillon représentatif. La mesure obtenue donne une bonne estimation de l'ordre de grandeur de la valeur réelle, mais est sujet à un biais important. En hémato-oncologie, ce type de mesure est le plus répandu (Chabot et Fox, 2005; Green *et al.*, 2012; Hastings, 1987). Par contre, cette mesure ne vise pas à quantifier spécifiquement la charge de travail, mais vise un objectif beaucoup plus large, celui de refléter l'intensité des soins à administrer aux patients, prévoir le niveau de personnel requis, faciliter la prise de décisions de gestion tout en étant facile d'utilisation, flexible et satisfaisant pour le personnel (Cusack *et al.*, 2004). De plus, cette mesure est subjective et ne permet pas de prendre en compte le jugement d'allure des tâches.

Ce survol des différentes approches de mesure a permis de démontrer que l'ergonomie propose plusieurs approches pour la mesure de la charge de travail, mais que pour le cas des infirmières en hémato-oncologie, seulement l'opinion d'experts a été utilisée. Tout indique que le test subjectif du NASA-TLX pourrait être utilisé avec succès pour les infirmières d'hémato-oncologie puisque le test a été utilisé avec succès dans le domaine hospitalier. Mis à part ces deux approches, aucune autre forme de mesure n'a été testée dans ce domaine. Pourtant, la simulation à événements discrets est une approche tout à fait pertinente et demeure une avenue encore peu exploitée dans le travail des infirmières.

3.2.3 Variables et méthode de mesure retenues

La revue de la littérature réalisée au chapitre 2 sur la prévision du niveau de personnel requis (dotation de personnel) a permis de retenir deux variables indépendantes qui influencent la charge de travail : le protocole administré et le ratio infirmières-patient. De son côté, la revue de la littérature sur la charge de travail a permis de dégager les variables dépendantes suivantes la densité du travail, la complexité du travail et la charge cognitive. Cette dernière variable peut se décliner dans les trois variables suivantes : le multitâche, le niveau d'empilement cognitif et la priorisation.

Pour mesurer objectivement la charge de travail des infirmières induite par les traitements de chimiothérapie, la simulation à événements discrets est l'approche idéale pour modéliser la charge de travail car elle permet de considérer la variabilité des temps de traitement.

CHAPITRE 4 MÉTHODOLOGIE

Ce chapitre présente la méthodologie employée pour étudier l'affectation des traitements de chimiothérapie aux infirmières pour lisser leur charge de travail.

Les hypothèses et les variables de recherche seront d'abord présentées, suivies du plan d'expérience (modèle mathématique) qui sera réalisé pour tester les hypothèses. Un modèle de simulation a été développé afin de reproduire le processus d'administration des traitements par les infirmières. Les différents éléments du modèle de simulation sont présentés ainsi que la modélisation sur le logiciel Arena. Une fois les hypothèses vérifiées, la méthode empirique employée pour analyser les résultats obtenus est présentée.

4.1 HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

D'une manière générale, cette recherche vise à développer des règles d'affectation des patients aux infirmières et du type de protocoles sur la charge de travail des infirmières. Les hypothèses suivantes servent donc à vérifier la pertinence du choix des variables pour servir ensuite comme base pour le développement des règles d'affectation :

- Hypothèse 1 : Le protocole à administrer (P) a une influence sur l'élément Y_i de la charge de travail de l'infirmière. $i \in \{1,5\}$ pour les 5 Y choisis (section 3.6.1).
- Hypothèse 2 : Le ratio infirmière-patients (R) a une influence sur l'élément Y_i de la charge de travail de l'infirmière. $i \in \{1,5\}$ pour les 5 Y choisis (section 3.6.1).
- Hypothèse 3 : L'interaction entre le ratio infirmière-patients et le protocole à administrer (interaction RP) a une influence sur l'élément Y_i de la charge de travail de l'infirmière. $i \in \{1,5\}$ pour les 5 Y choisis (section 3.6.1).

Le chapitre précédent a présenté les approches possibles pour mesurer la charge de travail ainsi que les variables à considérer. Au final, deux variables indépendantes ont été retenues et cinq variables dépendantes seront mesurées par la simulation à événements discrets. Les variables seront expliquées à la section suivante.

4.2 VARIABLES DE RECHERCHE

L'affectation des traitements de chimiothérapie est faite dans un horaire de rendez-vous.

Pour créer cet horaire, trois valeurs doivent être déterminées pour chaque patient :

1. L'intervalle entre deux rendez-vous
2. Le protocole à administrer
3. L'infirmière à laquelle affecter le patient

Dans cette recherche, l'intervalle de temps entre deux rendez-vous est fixé à 15 minutes.

Cet intervalle de temps correspond au temps requis par l'infirmière pour installer un patient sur un fauteuil. C'est d'ailleurs la référence dans la plupart des cliniques d'hémato-oncologie.

Les deux autres informations sur le patient correspondent aux variables indépendantes suivantes : le protocole (P) et le ratio infirmière-patients (R).

4.2.1 Le protocole (P)

Les protocoles sont une séquence d'étapes à réaliser dans un ordre précis pour l'administration de la chimiothérapie. Ils indiquent les volumes de chimiothérapie à administrer à chaque étape ainsi que les vitesses d'infusion associées. Ils spécifient aussi toute autre particularité qu'il pourrait y avoir (temps d'observation, prise de signes vitaux, prise de médication orale, etc.)

La littérature recense l'existence de plus de 170 protocoles de traitements de chimiothérapie (Green *et al.*, 2012). En pratique, seulement une partie de ces protocoles sont effectivement administrés. Vu le travail colossal pour traiter l'ensemble des protocoles qui existent, cette recherche considérera seulement les protocoles administrés le plus souvent.

Pour sélectionner les protocoles les plus utilisés, une analyse de Pareto a été réalisée sur un historique de 171 jours d'opérations d'une clinique d'hémato-oncologie. Comme la figure 4.1 le présente, 16 traitements représentent 82% du nombre total de protocoles administrés par la clinique. Les autres protocoles pourront faire l'objet de futures recherches.

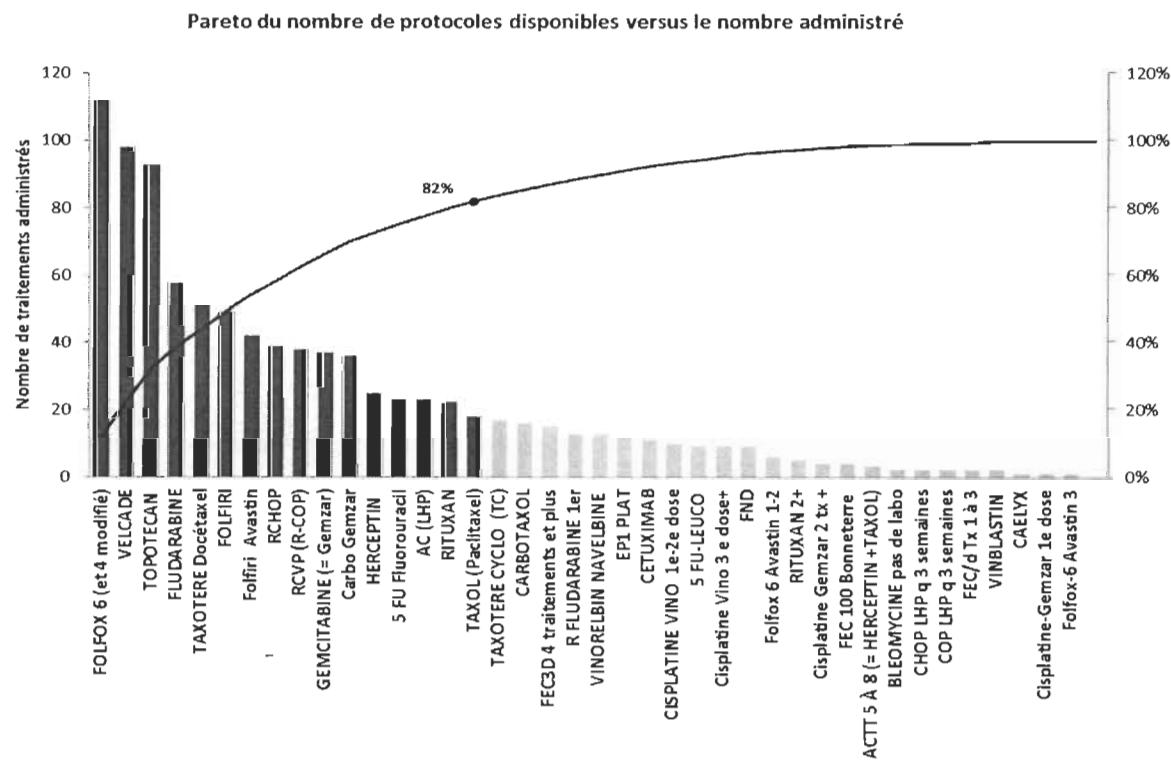


Figure 4.1: Pareto des protocoles de chimiothérapie les plus administrés

Aux 16 protocoles retenus dans le Pareto, un 17^e a été ajouté pour une meilleure cohérence. En effet, le protocole Rituxan peut se donner en deux vitesses différentes, ce qui oblige à les considérer séparément. La variable indépendante des protocoles (P) a donc 17 niveaux et ces niveaux sont présentés dans le tableau 4.1.

Tableau 4.1: Liste des protocoles retenus

#	Nom du protocole	#	Nom du protocole
1	FOLFOX 6 ou 4 modifié	10	Herceptin 1re dose
2	TOPOTÉCAN	11	Herceptin 2+
3	VELCADE	12	AC
4	Taxotère Docétaxel	13	Taxol
5	FOLFIRI	14	CHOP - Rituxan
6	FOLFIRI + AVASTIN	15	5-Fluorouracil (de Gramont modifié)
7	Gemzar	16	Rituxan (LENT)
8	Carbo Gemzar	17	Rituxan (RAPIDE)
9	Fludarabine		

4.2.2 *Le ratio infirmière-patient (R)*

Pour l'administration de la chimiothérapie, chaque infirmière a un nombre de patients à faire s'occuper d'un nombre de patients en simultané. Ces derniers sont assis sur des chaises de traitement et reçoivent les soins selon le protocole qui leur a été prescrit.

Tel que mentionné par Loys et Curry (2012), le ratio infirmière-patients maximal en oncologie, comme prescrit par la loi de la Californie, est de 1:5. Le ratio 1 :5 ne sera pas évalué dans cette recherche car dans les cliniques d'hémato-oncologie visitées au Québec, le ratio infirmière-patients de référence est plutôt de 1:4. La variable indépendante du ratio infirmière-patients (R) aura donc les 4 niveaux suivants : 1:1, 1:2, 1:3, 1:4. Pour simplifier la notation, les chiffres 1 à 4 seront utilisés.

4.2.3 La charge de travail (Y)

Comme définie au chapitre 3, la charge de travail doit prendre en compte la densité de travail, la complexité et la charge cognitive du travail. Le tableau 4.2 présente les 5 variables dépendantes qui ont été retenues et qui seront mesurées par simulation.

Tableau 4.2: Description des variables retenues et mesures associées

Variables	Description	Mesure
Y_1	Densité de travail	Densité de travail : nombre de tâches par unité de temps
Y_2	Imprévisibilité (<i>Complexité</i>)	Le nombre de complications que l'infirmière doit gérer.
Y_3	Le multitâche (<i>Charge cognitive</i>)	Le nombre moyen de tâches que l'infirmière doit traiter simultanément
Y_4	Le niveau d'empilement cognitif (<i>Charge cognitive</i>)	Le temps moyen d'attente des tâches en suspens
Y_5	La priorisation (<i>Charge cognitive</i>)	Le nombre de tâches qui doivent être exécutées en même temps par unité de temps

La densité de travail sera mesurée par le nombre moyen de tâches réalisées par unité de temps. Le nombre total de tâches du protocole, incluant les tâches associées aux complications, sera divisé par le temps total du traitement.

L'imprévisibilité sera mesurée indirectement par le nombre total d'étapes du protocole qui ont eu une complication.

Les variables liées à la charge cognitive (le multitâche, le niveau d'empilement cognitif et la priorisation des soins) seront représentées respectivement par le nombre moyen de tâches à traiter simultanément, le nombre moyen de tâches en suspens et le nombre de tâches qui nécessitent une priorisation.

4.3 PLAN D'EXPÉRIENCE ET MODÈLE MATHÉMATIQUE

Puisque qu'il y a 2 facteurs d'intérêt dont 1 facteur à 17 niveaux (protocoles) et 1 facteur à 4 niveaux (ratio infirmière-patients), le plan d'expérience choisi est un plan factoriel complet de 68 expériences randomisées. Le modèle pour ce plan d'expérience est le suivant :

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + R_j + RP_{ij} + \varepsilon_{k(ij)}$$

Y_{ijk} = Élément de la charge de travail (i protocoles, j ratios infirmière-patients, k réplications)

μ = Moyenne de toutes les expériences et les réplications pour la variable Y_{ijk}

P_i = Le protocole i à administrer, $i = 1$ à 17 pour les 17 protocoles issus du Pareto

R_j = Le ratio infirmière-patients j, $j = 1$ à 4 pour les 4 ratios infirmière-patients

RP_{ij} = Interaction entre les variables P_i et R_j .

$\varepsilon_{k(ij)}$ = Terme de l'erreur, $k = 1$ à 100 pour les 100 réplications du modèle de simulation

Le plan d'expérience a été répliqué 100 fois. Ce nombre sera expliqué plus en détail à la section 4.7. Ainsi, 68 expériences doivent être réalisées (17 protocoles multiplié par 4 ratios infirmière-patients) et répétées à 100 reprises pour un total de 6800 expériences. Les travaux réalisés dans le cadre de cette recherche consistent à tester seulement les protocoles avec eux-mêmes pour 4 ratios infirmière-patients afin de dégager des règles d'affectation des patients aux infirmières.

L'analyse des résultats sera effectuée par une analyse de la variance avec un risque alpha de 5%. Une analyse devra être faite pour chacune des 5 variables dépendantes et donc 5 analyses de la variance seront réalisées.

4.4 DESCRIPTION DU MODÈLE DE SIMULATION

Le modèle de simulation développé pour cette recherche modélise les tâches infirmières dans la salle de traitement d'une clinique d'hémato-oncologie et plus précisément les tâches liées à l'administration du traitement de chimiothérapie. Le modèle exclut toutes les tâches administratives de l'infirmière, même si elles sont réalisées dans la salle de traitement.

Le déroulement des soins à la salle de traitement est le suivant : lorsque le patient entre dans la salle de traitement, il prend un fauteuil et l'infirmière commence à lui administrer les soins selon la série d'étapes dictées par le protocole de chimiothérapie. Chaque étape demande une intervention de l'infirmière, mais celle-ci n'est pas requise pour toute la durée de l'étape. Par exemple, une étape d'infusion de 30 minutes ne requiert pas plus de 2 minutes de préparation de la part de l'infirmière.

Pour modéliser ce processus, le patient est représenté par une entité à laquelle est associée une liste d'étapes. Ces étapes sont celles du protocole de chimiothérapie qu'il doit recevoir. Elles sollicitent une infirmière qui est représentée par une ressource. Dans le modèle développé pour cette recherche, une seule infirmière est modélisée et donc cette ressource a une valeur fixée à 1. Du côté des patients, le modèle génère un maximum de 4 patients (entités) pour chaque jour simulé. Ce chiffre est déterminé selon la variable du ratio infirmière-patients (R). Ce ratio a un maximum à 1:4 et donc un maximum de 4 patients pour une infirmière.

Basées sur les données d'opération de deux cliniques d'hémato-oncologie, les hypothèses suivantes ont été faites :

1. Les patients arrivent aux 15 minutes
2. Aucun retard n'est créé par le bris d'équipement, le retard des patients, ou la recherche de matériel par les infirmières.
3. Les patients prennent leur prémédication à l'avance

Les pauses des infirmières ne sont pas considérées dans le modèle de simulation. De cette manière, la mesure de la charge de travail est évaluée sans introduire une variabilité causée par des décisions opérationnelles (temps, durée des pauses, synchronisation des pauses, etc.).

Les détails de la simulation ainsi que la liste exhaustive des variables et des attributs utilisés dans le modèle de simulation se retrouvent à l'annexe 4. Par contre, il est important de préciser les grands concepts qui ont été utilisés dans cette recherche, à savoir, la modélisation des étapes des protocoles, la relation entre le temps infirmier et le temps de traitement, les complications, la traduction des protocoles de chimiothérapie sous une forme qui peut être simulée et l'enregistrement des variables dépendantes. Les prochaines sections présentent ces aspects de la simulation.

4.4.1 Étapes

De manière générale, le modèle de simulation représente l'enchaînement des étapes du protocole de chimiothérapie (figure 4.2). À la fin d'une étape, le modèle vérifie s'il reste des étapes à réaliser. Si oui, le patient « demande » l'intervention d'une infirmière pour commencer une nouvelle étape. S'il ne reste plus d'étapes dans le protocole, le patient libère le fauteuil et quitte ainsi le modèle de simulation.

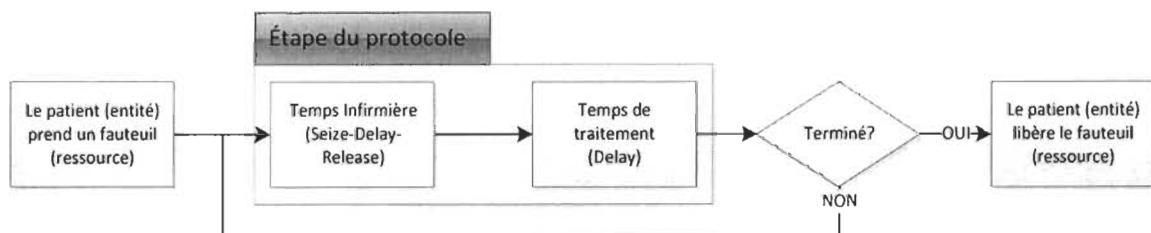


Figure 4.2: Logique générale du modèle de simulation

Chaque étape simulée est issue du protocole de chimiothérapie. Ce dernier comporte les informations suivantes : la vitesse d'infusion, le volume et la concentration du produit à administrer et la nécessité de prendre les signes vitaux à certains moments. Le tableau 4.3 montre un exemple d'étapes à réaliser pour le protocole de chimiothérapie FOLFOX6.

Tableau 4.3: Étapes du protocole de chimiothérapie (FOLFOX 6)

Étape
Accès veineux
Infusion d'Oxaliplatin et Leucovorin
Rinçage
5 FU (bolus)
Installation biberon

Puisque les protocoles de chimiothérapie ne sont pas construits en vue d'être modélisés par simulation, il est donc nécessaire de les adapter légèrement. Grâce aux informations données par les protocoles de chimiothérapie disponibles, les informations suivantes ont été recueillies pour chaque étape du protocole : le temps infirmier, le temps de traitement, le type d'inclusion (T.I.) et la probabilité de complications (P(C)). Ces éléments sont expliqués dans les sections suivantes.

4.4.2 Temps infirmier et temps de traitement

Une étape commence par une action requise de la part d'une infirmière. Si elle n'est pas disponible, la tâche est mise en attente et les temps d'attente sont enregistrées (nombre et temps moyen des tâches en attente). Quand l'infirmière est disponible, elle réalise les tâches nécessaires selon un temps suivant une loi triangulaire. Ces lois ont été définies empiriquement suite aux données recueillies auprès d'une infirmière d'expérience. Les résultats sont présentés dans le tableau 4.4 et le détail est donné à l'annexe 5.

Tableau 4.4: Temps des tâches infirmières

Tâche	Temps (minutes)
Accès veineux	Voir le tableau 4.5
Administration sous-cutanée (Velcade, Atropine)	TRIA(1, 2.5, 6)
Bolus (5FU)	TRIA(1, 2.5, 4)
Fin de traitement de chimiothérapie	TRIA(3, 4, 7)
Installation biberon	UNIF(10, 15)
Installer poche de traitement	TRIA(3, 5, 7)
Installer poche de traitement (2 poches + installer un Y)	TRIA(3, 5, 7)
Prendre les signes vitaux (pression artérielle + pouls)	TRIA(2, 3, 4)
Prendre les signes vitaux (pression artérielle + pouls + respiration + température)	TRIA(3.5, 4.5, 5.5)
Préparer un rinçage	TRIA(0.5, 1, 2)
Donner médication (Tylenol, Decadron, pré-chimio)	TRIA(1, 2, 3)

L'accès veineux pour l'administration de la chimiothérapie peut se faire de 4 manières différentes. Pour déterminer la proportion de chaque type d'accès veineux, un échantillon de 68 patients a été utilisé.

Tableau 4.5: Description du temps requis pour l'accès veineux

Types d'accès veineux	% des patients	Cumul	Temps (min.)
Cathéter Port-à-cath (PAC)	25%	25%	NORM(5,0.5)
Cathéters centraux introduits par voie périphérique (CCIVP ou PICC line en anglais)	1%	26%	NORM(20,2)
Sous-clavière	8%	34%	UNIF(20,30)
Cathéter	66%	100%	TRIA(5,7,15)

Les tableaux 5 et 6 présentent le temps requis par l'infirmière pour réaliser les tâches d'un protocole. Le temps de traitement, par contre, correspond au temps durant lequel le patient reçoit le traitement. Par exemple, l'infirmière peut démarrer une infusion en 2 minutes (temps infirmier), mais le patient recevra l'infusion pendant les 30 minutes suivantes (temps de traitement). Le temps de traitement est déterminé selon le protocole de chimiothérapie par la vitesse d'infusion et le volume à administrer.

L'équation ci-dessous donne un exemple de calcul pour le temps de traitement à partir de l'information disponible :

$$\begin{aligned}
 \text{temps de traitement} &= \text{volume} \div \text{vitesse d'infusion} \\
 &= 100 \text{ ml d'Oxalipatin} \div 200 \text{ ml/h} \\
 &= 0,5 \text{ h} \\
 &= 30 \text{ minutes}
 \end{aligned}$$

4.4.3 Le type d'inclusion (T.I.)

Les tâches infirmières et les traitements aux patients peuvent être réalisés un après l'autre ou en même temps, mais le temps infirmier et le temps de traitement suivent deux distributions aléatoires indépendantes. Par exemple, lors de l'infusion de certains médicaments, l'infirmière doit vérifier les signes vitaux du patient à intervalles réguliers. Le temps pris par l'infirmière pour prendre les signes vitaux ne doit pas être ajouté au temps de traitement, mais doit être inclus dans l'étape puisque ces deux tâches se font simultanément.

Pour modéliser la situation où il y a inclusion, le temps de traitement sera scindé en deux étapes et le temps infirmier sera ajouté au début de la deuxième étape (tableau 4.6). Puisque les tâches sont modélisées en série, l'étape modifiée sera réalisée de la manière suivante : temps de traitement 1, temps infirmier, temps de traitement 2. Pour s'assurer que la somme des temps de traitement 1 et 2 soit égale au temps inscrit dans le protocole, la valeur du temps infirmier sera soustraite du temps de traitement de la seconde partie. Le tableau 7 montre schématiquement comment les tâches infirmières ont été modélisées avec les temps de traitement.

Tableau 4.6: Modélisation de l'inclusion

Cartographie de l'étape	Schéma de l'étape
Parallélisme <p>Étape du protocole</p> <p>Temps Infirmière (Seize-Delay-Release)</p> <p>Temps de traitement (Delay)</p>	Réel <p>Temps de traitement</p> <p>Temps infirmier</p>
Linéarisation à l'aide de l'inclusion en début d'étape <p>Étape du protocole</p> <p>Temps Infirmière (Seize-Delay-Release)</p> <p>Temps de traitement (Delay)</p>	Simulé <p>ÉTAPE 1</p> <p>ÉTAPE 2</p> <p>Temps de traitement 1</p> <p>Temps infirmier</p> <p>Temps de traitement 2</p>

Pour les autres situations où il n'y a pas d'inclusion, le temps de l'infirmière et le temps de traitement seront calculés un après l'autre. Ce sera le cas pour les situations comme lors du démarrage du traitement : l'infirmière prépare l'infusion du médicament et programme la pompe et ce n'est qu'ensuite que le temps du traitement est calculé. Le temps de l'infirmière n'est donc pas compté dans le temps d'infusion.

Pour faire la différence entre les deux situations, le type d'inclusion (T.I.) sera spécifié pour chaque étape selon la légende suivante :

- 0 : Si le temps infirmier est exclu du temps de traitement.
- 1 : Le temps infirmier est inclus dans le temps de traitement (Si le temps de traitement est plus élevé que le temps infirmier).

4.4.4 Les probabilités de complications (P(C))

Au cours du traitement, les patients peuvent avoir des effets secondaires ou des allergies immédiates. Cela oblige les infirmières à laisser leurs tâches et venir traiter le patient qui a des complications. Certaines étapes ont plus de probabilités de complications que d'autres et donc cette information doit être spécifiée pour chaque étape.

Puisque l'information sur les probabilités de complication P(C) n'est pas disponible directement dans les protocoles, il a fallu les déterminer par l'entremise d'une entrevue avec un pharmacien spécialisé dans les traitements de chimiothérapie. L'impact sur le temps de l'infirmière est approximé et fait partie des hypothèses de l'étude. Le tableau 4.7 présente les probabilités de complication.

Tableau 4.7 : Niveaux de probabilité de complication

Niveaux de complication	Implication dans le modèle de simulation
Très faible (0)	1% des patients ont une complication qui ajoute de 5 à 10% du temps de la tâche à l'infirmière
Faible (1)	10% des patients ont une complication qui ajoute de 5 à 10% du temps de la tâche à l'infirmière
Moyen (2)	25% des patients ont une complication qui ajoute de 10 à 20% du temps de la tâche à l'infirmière
Élevé (3)	40% des patients ont une complication qui ajoute de 10 à 25% du temps de la tâche à l'infirmière
Très Élevé (4)	50% des patients ont une complication qui ajoute de 10 à 25% du temps de la tâche à l'infirmière

Le tableau 4.8 montre un exemple de protocole incluant le temps de traitement, le temps infirmier, le type d'inclusion et les probabilités de complication. Le détail pour les 17 protocoles est disponible à l'annexe 1.

Tableau 4.8: Exemple du protocole FOLFOX 4 ou 6

Étape	Temps de traitement	Temps infirmier	Type d'inclusion	Probabilité complication
Accès veineux	-	2-5 min	0	Moyen (2)
Oxaliplatin + Leucovorin	2 h	2 min	0	Faible (1)
Rinçage	6 min	30 sec	0	Très faible (0)
5 FU (bolus)	2 min	2 min	0	Très faible (0)
Installation biberon	-	5 min	0	Très faible (0)

4.5 MODÉLISATION SOUS ARENA

4.5.1 Matrice des protocoles

L'information sur chacune des étapes des protocoles est contenue dans une matrice de type expression nommée *eTraitements* dans le logiciel Arena. Chacune des lignes est réservée à un protocole et chaque groupe de quatre colonnes qui représentent :

1. Le temps infirmier (*distribution statistique*)
2. Le temps de traitement (*distribution statistique*)
3. Le type d'inclusion (T.I.) (*1 s'il y a inclusion, sinon 0*)
4. La probabilité de complications (P(C)) (*niveaux 1, 2, 3, 4*)

Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** montre un extrait de la matrice de protocoles. Seulement les deux premières étapes des 3 premiers protocoles sont présentées à cause de la grande taille de la matrice (114 colonnes et 17 lignes). Le détail des protocoles peut toutefois être consulté à l'annexe 1.

Tableau 4.9: Extrait de la matrice des protocoles sous Arena

Protocoles	Nb d'étapes	Étape #1				Étape #2			
		Temps infirmier	Temps traitement	T.I.	P(C)	Temps infirmier	Temps traitement	T.I.*	P(C)**
1	5	*	0	0	3	TRIA(3,7,15)	120	0	2
2	3	*	0	0	3	TRIA(3,6,10)	30	0	1
3	4	*	0	0	3	TRIA(2,4,6)	0.083	0	2

* DISC(0.25, NORM(5, 0.5), 0.26, NORM(20, 2), 0.34, UNIF(20, 30), 1, TRIA(5, 7, 15))

La première colonne donne le nombre d'étapes que comporte le protocole. Cette valeur sert à la automatiser la lecture de la matrice par le logiciel de simulation. On remarque aussi que la première étape a un temps de traitement égal à zéro. Cela s'explique par le fait que c'est l'étape de l'accès veineux et il ne représente qu'un temps infirmier.

4.5.2 Réalisation des expériences

Normalement, Arena ne permet pas la réalisation de séries d'expériences de manière automatique. Le code événementiel *Visual Basic (VBA)* a donc été utilisé pour démarrer une série d'expériences, puis changer les paramètres pour une autre série d'expériences.

Le code événementiel est un type de programmation qui s'exécute lors d'événement (le début de la simulation, la fin d'une réplication, etc.) contrairement à de la programmation séquentielle qui s'exécute selon une séquence prédéfinie. Le logiciel Arena permet de programmer en VBA. Au total, 4 événements sont utilisés dans le modèle de simulation. Le tableau 4.10 explique en détails les actions réalisées par la programmation lors de ces événements.

Tableau 4.10: Événements utilisés dans le modèle de simulation (VBA)

Événements (VBA)	Événement déclenché par	Actions à réaliser
RunBegin	L'utilisateur appuie sur le bouton de démarrage de la simulation (1 fois au début de la simulation)	Demander les expériences à réaliser (1 à 68 maximum)
RunBeginSimulation	Début de chacune des réplications du modèle (100 fois par expérience pour les 68 expériences)	Mettre à jour les variables associées à l'expérience en cours.
RunEndReplication	Fin de chaque réplication du modèle (100 fois par expérience pour les 68 expériences)	Si c'est la fin des réplications, arrêter le modèle. Sinon, laisser Arena poursuivre les réplications.
RunEnd	La fin des réplications (1 fois par expérience pour les 68 expériences)	S'il reste des expériences à réaliser, redémarrer le modèle, sinon arrêter. Dans le cas de la fin des expériences, signaler que les expériences sont terminées.

Pour chacune des expériences, c'est la matrice des *vExperiences* (tableau 4.11) qui fait la gestion des protocoles utilisés. Cette matrice donne le protocole pour chacun des patients selon le plan d'expérience. Par exemple, les 4 premières expériences du tableau 4.11 testent le protocole 1 combiné aux ratios infirmière-patients 1:1 (expérience 1), 1:2 (expérience 2), 1:3 (expérience 3) et 1:4 (expérience 4). Les expériences suivantes (5 à 8) testent le protocole 2 combiné aux 4 niveaux de ratio infirmière-patients. Les expériences se poursuivent ainsi pour tester les 17 protocoles combinés aux 4 ratios infirmière-patients pour un total de 68 expériences. Cette recherche ne teste donc pas la combinaison des protocoles.

Le tableau 4.11 présente la matrice de chacune des combinaisons des variables indépendantes type de protocole (P) et ratio (R). Le protocole 0 est un protocole fictif qui indique que le patient ne sera pas considéré dans l'expérience afin de respecter les ratios infirmières-patients.. Dans le modèle, les entités ayant le protocole 0 seront tout simplement détruites avant d'entrer dans la salle de traitement.

Tableau 4.11: Matrice vExpériences

Expérience	Patient 1	Patient 2	Patient 3	Patient 4
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	1	1	1	0
4	1	1	1	1
5	2	0	0	0
6	2	2	0	0
7	2	2	2	0
8	2	2	2	2
...
65	17	0	0	0
66	17	17	0	0
67	17	17	17	0
68	17	17	17	17

Puisque le temps entre les rendez-vous est fixé à 15 minutes (voir la section 4.5 pour l'explication), l'horaire produit sera celui du tableau 4.12.

Tableau 4.12: Horaire pour 1 infirmière pour 3 patients qui ont chacun le protocole 1

Heure	Patients			
	1	2	3	4
8h00	Protocole 1			
8h15		Protocole 1		
8h30			Protocole 1	
8h45				
9h00				
9h15				
9h30				

4.5.3 Création des entités

Au temps 0 de la simulation, le nombre de colonnes dans la matrice des expériences est compté et le nombre correspondant d'entités est créé. Dans le plan d'expérience testé, le nombre de colonnes est égal à 4 pour toutes les expériences. La figure 4.3 montre comment les entités sont créées dans ARENA.

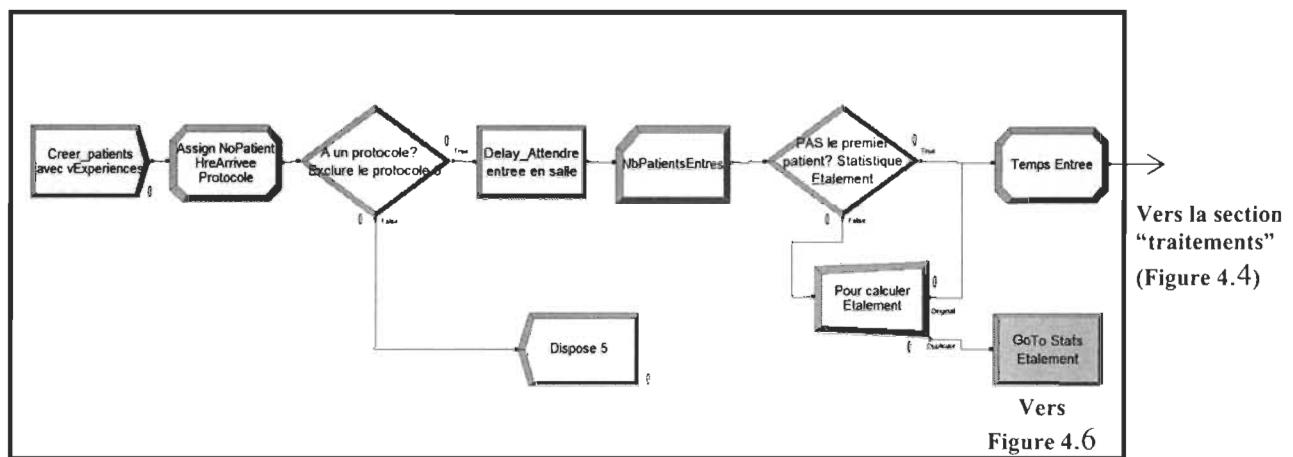


Figure 4.3: Création des entités sous Arena

Toujours au temps zéro, on attribue à chaque patient son heure d'arrivée dans la clinique selon les 15 minutes fixées comme temps entre les rendez-vous. Le protocole pour chacun des patients, selon l'information entrée dans la matrice des expériences, est aussi attribué au temps zéro. Par la suite, les patients sont mis en attente selon l'heure de rendez-vous qui leur a été attribuée.

4.5.4 Les boucles des étapes

Sous Arena, les étapes sont modélisées sous forme de 2 boucles : la boucle principale et la boucle des complications (figure 4.4). Chaque tour de boucle signifie qu'une étape du protocole est réalisée. S'il n'y a pas de complication dans l'étape, seulement la boucle principale est utilisée, sinon, une étape supplémentaire est ajoutée. Dans ce cas, l'entité se dédouble et réalise un tour de la boucle des complications et revient fusionner avec l'entité principale pour passer à la prochaine étape du protocole.

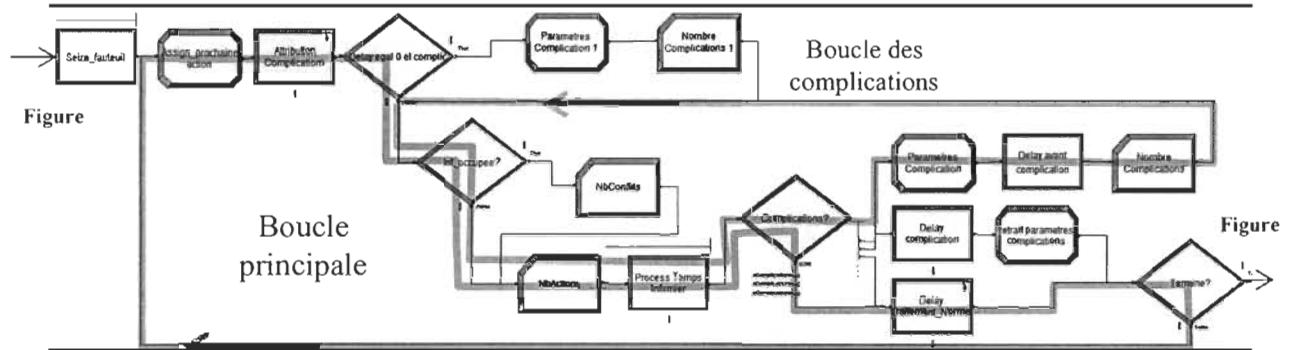


Figure 4.4: Déroulement du traitement (2 boucles)

Que ce soit une étape régulière (boucle principale) ou une complication (boucle des complications), une étape du protocole est modélisée par la mise en série d'un module *Process* pour le temps infirmier et d'un module *Delay* pour le temps de traitement.

Le *Process* est de type *Seize-Delay-Release* avec une infirmière comme ressource. Au début de l'étape, le temps du *Process* est mis dans l'attribut *aProcessTime* et est défini selon la case correspondante de la matrice des protocoles qui se retrouve dans la feuille *Expression* sous le nom *eTraitements*. Le temps du *Delay* pour le traitement est aussi directement pris dans la matrice des protocoles (Erreur ! Source du renvoi introuvable.).

C'est au début de l'étape (boucle principale) qu'une distribution discrète détermine si cette étape du protocole aura une complication. Si oui, le moment dans l'étape où la complication surviendra sera déterminé aléatoirement par une distribution uniforme. Pour ce faire, une copie de la tâche est conservée dans un *Delay* et est libérée pour devenir une nouvelle tâche pour l'infirmière.

Lorsqu'une entité provient de la boucle des complications, elle a la priorité dans les tâches de l'infirmière. Cette priorité est inscrite dans un attribut par l'entremise d'un *Assign* présent dans la boucle des complications. Le temps infirmier de cette nouvelle

tâche est défini selon la catégorie de la complication (tableau 4.7) et le temps de traitement est défini comme le temps de traitement restant de la tâche principale.

4.5.5 Enregistrement des variables dépendantes

Une fois que le fauteuil de la salle de traitement est libéré, l'entité qui représente le patient passe par une série de modules telle que la figure 4.5 l'illustre. Les modules servent principalement à enregistrer les statistiques pour le patient.

Figure 4.4

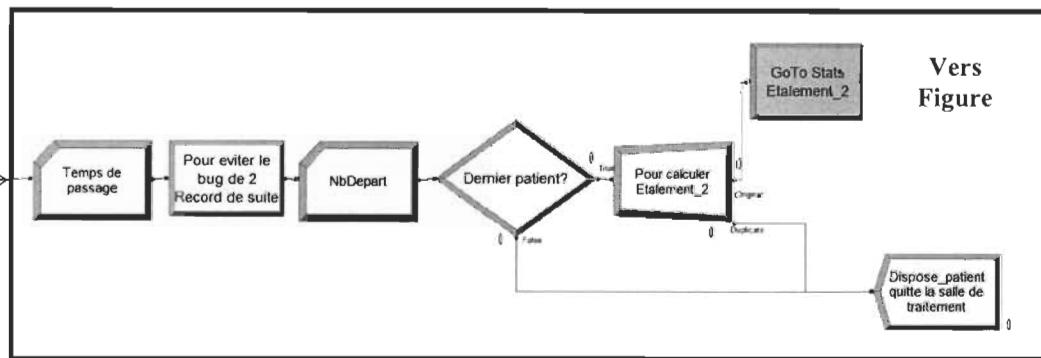


Figure 4.5: Sortie du patient de la salle de traitement

Les statistiques collectées correspondent aux variables dépendantes liées à l'expérience en cours et expliquant la charge de travail (tableau 4.2). La manière dont les variables dépendantes sont mesurées à l'aide du logiciel Arena est détaillée dans le tableau 4.13.

Tableau 4.13: Statistiques enregistrées par le modèle de simulation

Variables	Description	Modélisation sous Arena
Y1	Densité de travail	Le nombre d'étapes de soins réalisés par l'infirmière par unité de temps (avec un <i>Record</i> de type <i>Count</i> dans la boucle principale et <i>Time Interval</i> entre l'arrivée du premier patient et le départ du dernier). Inclus aussi les étapes engendrées par les complications.
Y2	Le fait que les soins sont non-standards et imprévisibles.	Le nombre d'étapes de soins réalisés par l'infirmière attribuable aux complications (<i>Record</i> de type <i>Count</i> dans la boucle des complications).
Y3	Le multitâche	Le nombre moyen de tâches en attente pour la ressource infirmière (Nombre moyen dans <i>Temps_Inf.Queue</i>)
Y4	Niveau d'empilement cognitif	Le temps moyen d'attente des tâches pour la ressource infirmière (Temps moyen dans <i>Temps_Inf.Queue</i>)
Y5	La priorisation	Le nombre de tâches qui s'ajoutent alors que l'infirmière est occupée avec le patient (<i>Record</i> de type <i>Count</i> conditionnel à ce que l'infirmière soit non disponible lorsque l'entité arrive au <i>Seize</i>).

Les statistiques sont enregistrées tout au long de la réPLICATION et sont inscrites dans une base de données Access à la fin de chaque réPLICATION selon le modèle de la figure 4.6.

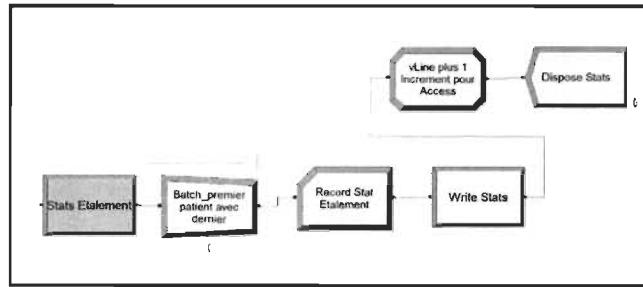


Figure 4.6: Enregistrement des statistiques sous Arena

Le temps total requis pour réaliser l'expérience est enregistré par un *Record*. Il sera utile pour le calcul de la densité de travail (Y1). Une fois que toutes les statistiques sont enregistrées, l'entité passe dans le module *Write* pour les écrire dans une base de données Access. Avant de quitter le modèle, l'entité passe par un module *Assign* pour incrémenter la variable *vLine* qui indique sur quelle ligne de la base de données inscrire la prochaine information. Pour s'assurer que les informations s'inscrivent à la suite pour toutes les réPLICATIONS, la variable *vLine* n'est remise à 0 qu'au démarrage de la simulation.

4.6 VALIDATION DU MODÈLE DE SIMULATION

La validation du modèle de simulation consiste à s'assurer que les résultats de la simulation sont fiables, autrement dit, exempte d'erreur de programmation. Pour ce faire, il faut comparer les résultats par la simulation à une base de référence dont on a confiance comme, par exemple, les résultats observés dans le système réel.

Dans le cas du modèle développé, aucune référence à un système réel n'a pu être utilisée comme base de référence. La simulation a donc été validée grâce à des protocoles fictifs de référence n'incluant pas de distributions aléatoires. Le fait d'enlever les distributions aléatoires a créé un modèle déterministe dont les résultats sont facile à prévoir. Les résultats ont été calculés à la main puis comparés à ceux obtenus par la simulation des protocoles de référence. Ceci a eu pour effet de vérifier la logique du modèle.

Une fois la logique du modèle validé, les vraies valeurs des protocoles (avec les lois de probabilité) ont pu être introduites dans le modèle. La figure 4.7 montre l'approche de validation utilisée (sans système réel disponible pour la validation) et la compare avec une approche classique de validation (par comparaison avec un système réel).

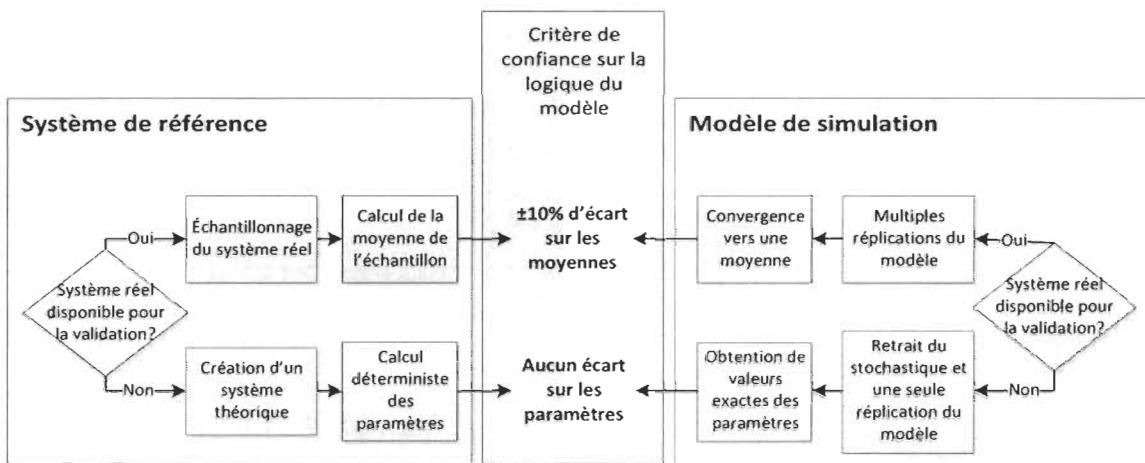


Figure 4.7: Types de validation d'un modèle de simulation

4.6.1 Systèmes théoriques de référence

Bien que le modèle de simulation soit utilisé ensuite pour le cas particulier de 4 fauteuils, 4 patients, il a été validé avec un cas plus général pour s'assurer que le modèle peut gérer d'autres cas dans de futures recherches (arbitrairement 10 fauteuils et 10 patients avec des départs de traitements aux 15 minutes). Ce système a été conçu pour éviter tout conflit dans les tâches des infirmières. Tous les patients ont le protocole test présenté dans le tableau 4.14.

Tableau 4.14: Protocole du système de référence #1

Étape	Temps de traitement	Temps infirmier	T.I.*	P(C)**
Étape #1	15 min	2 min	0	Non
Étape #2	60 min	2 min	0	Non
Étape #3	60 min	2 min	0	Non

*Type d'inclusion

**Probabilité de complication

Le deuxième système théorique de référence a, lui aussi, utilisé arbitrairement 10 fauteuils et 10 patients. Par contre, le protocole test a été créé pour produire des conflits dans les tâches des infirmières. Le protocole utilisé est présenté dans le tableau 4.15 et illustré à la figure 4.8.

Tableau 4.15: Protocole du système théorique de référence #2

Étape	Temps de traitement	Temps infirmier	Inclus	Probabilité complications
Étape #1	14 min	3 min	Non	Non
Étape #2	60 min	2 min	Non	Non
Étape #3	60 min	2 min	Non	Non

4.6.2 Comparaison

La validation s'est faite sur 5 indicateurs qui permettent de vérifier la logique du modèle et de s'assurer que les résultats donnés par la simulation seront valides, c'est-à-dire libre de tout biais causé par une erreur de programmation. Les indicateurs choisis sont différents de ceux associés à la charge de travail (tableau 4.2 et tableau 4.13). Les indicateurs pour la validation sont : le nombre de patients entrés et sortis du modèle, le nombre de conflits, de tâches et le temps de traitement.

Le nombre de patients qui entrent dans le modèle ainsi que le nombre qui en sort doit être aussi validé pour s'assurer qu'aucun patient ne reste dans le modèle et que la condition d'arrêt des réplications est adéquate.

Le nombre de tâches est utile pour s'assurer que l'enchaînement des étapes se fait correctement. Pour le calculer, on multiplie le nombre d'étapes dans le protocole par le nombre de patients. Puisque les deux systèmes de référence ont chacun 3 étapes dans leur protocole et 10 patients, il y aura donc 30 étapes pour chacun d'eux.

Puisque la densité de tâches (Y_1) se mesure par le nombre de tâche par unité de temps, il faut s'assurer que le temps passé dans le système est adéquat. Ainsi toute erreur d'unités ou erreur de logique peut être détectée par cet indicateur.

Le nombre de conflits produits par le système de référence #2 est illustré à la figure 4.8. En effet, le temps infirmier de chaque nouveau patient entre en conflit avec le patient précédent. Puisqu'il y a 10 patients, il y aura donc 9 conflits pour le système de référence #2. Le système de référence #1 ne produit aucun conflit, tel que mentionné précédemment.

Puisque le nombre de conflits peut être prévu dans les systèmes de référence (à cause du retrait des variables aléatoires), cela permet de valider que la logique du modèle de simulation est exempte d'erreurs. À noter que la prévision du nombre de conflits a été calculée à partir d'une feuille de calcul Excel, tel que montré partiellement à la figure 4.8.

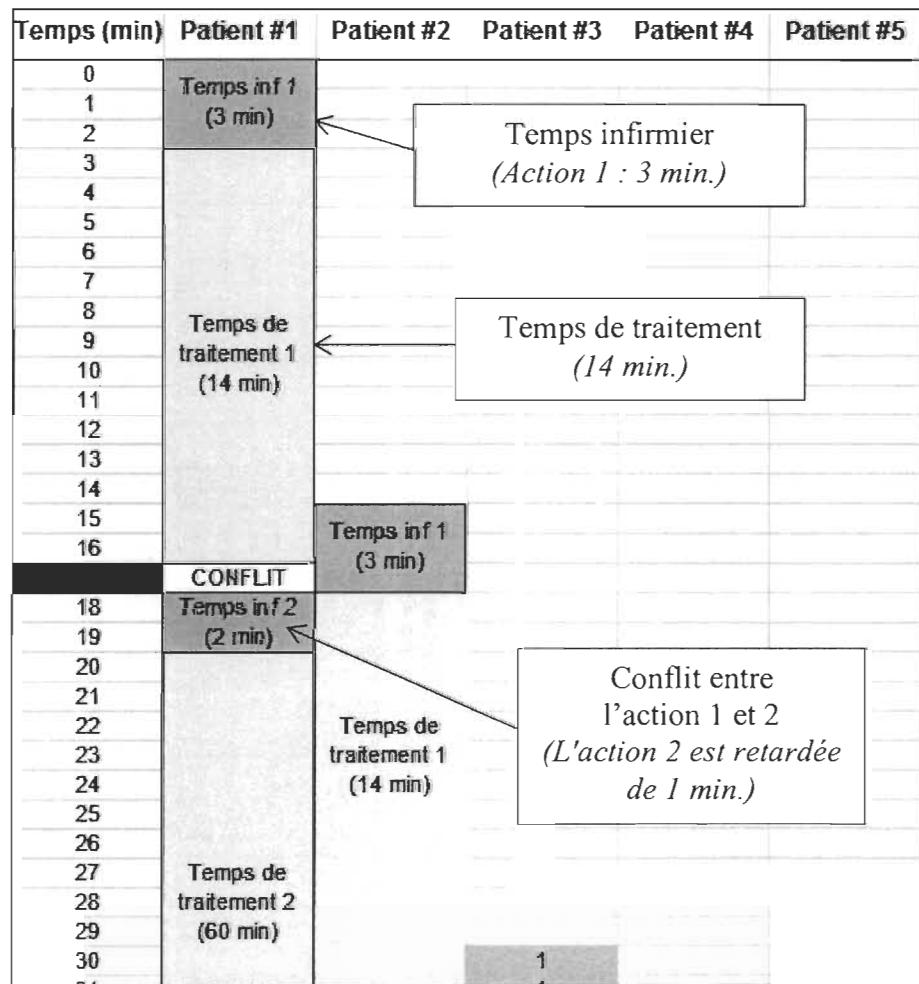


Figure 4.8: Illustration du système théorique #2

Comme le tableau 4.16 le présente, les résultats obtenus par simulation correspondent exactement à la valeur calculée et valide le modèle par calcul (méthode de la figure 4.7).

Tableau 4.16: Résultat de la validation du modèle de simulation

Indicateur	Système #1		Système #2	
	Calcul	Simulation	Calcul	Simulation
Nombre de conflits	0	0	9	9
Nombre d'actions	30	30	30	30
Nombre de patients entrés	10	10	10	10
Nombre de patients sortis	10	10	10	10
Temps entre la 1^{re} entrée et la dernière sortie	278 min	278 min	278 min	278 min

4.7 NOMBRE DE RÉPLICATIONS

Comme la simulation utilise la même série de nombres aléatoires, l'ordre des expériences n'a pas d'importance. Par contre, il faudra que le nombre de réplications soit assez élevé pour que la contribution de la série de nombres aléatoires soit négligeable. Le nombre de réplications sera établi à l'aide du scénario test suivant : protocole 1, et ratio infirmière-patients de 1:4.

Le demi-intervalle de confiance (half-width) a été calculé pour toutes les variables dépendantes et les valeurs obtenues pour ces variables devront se situer à l'intérieur de ± 1 unité (action, tâche, complication, minute ou conflit), sauf pour le temps de passage qui ne devra pas excéder 5% de la valeur.

Le tableau 4.17 présente les valeurs obtenues pour chacune des variables dépendantes pour 50 réplications et 100 réplications. Avec 100 réplications, toutes les valeurs sont situées à ± 1 unités. Cela signifie que pour chaque expérience, 100 réplications seront faites.

Tableau 4.17: Détermination du nombre de réplications

Variable	Description des variables	Critère du demi-intervalle	50 réplications		100 réplications	
			Valeur	Critère	Valeur	Critère
Y1	Nombre d'actions (<i>Tally</i>)	< 1 action	$22,76 \pm 0,42$	OK	$22,80 \pm 0,28$	OK
Y1	Temps total (<i>Time interval</i>)	< 5% de la valeur	$243,10 \pm 6,69$	OK	$242,86 \pm 4,44$	OK
Y2	Nombre de complications (<i>Tally</i>)	< 1 complication	$2,76 \pm 0,42$	OK	$2,80 \pm 0,28$	OK
Y3	Nombre moyen de tâches dans la file d'attente pour l'infirmière	< 1 tâche	$0,39 \pm 0,07$	OK	$0,38 \pm 0,05$	OK
Y4	Temps moyen dans la file d'attente pour l'infirmière	< 1 minute	$4,39 \pm 0,83$	OK	$4,31 \pm 0,55$	OK
Y5	Nombre de conflits (<i>Tally</i>)	< 1 conflit	$10,88 \pm 1,12$	NON	$10,78 \pm 0,73$	OK

4.7.1 Évaluation du temps de calcul et de la mémoire utilisée

L'exécution des calculs nécessite une quantité importante de ressources « ordinateur ».

En effet, il faudra 6800 réplications du modèle pour réaliser toutes les expériences (17 protocoles x 4 patients x 100 réplications). Cela a des implications en termes de temps de calcul et d'espace en mémoire.

L'information collectée sur chacun des expériences à la fin des réplications, produira une base de données d'environ 54 500 données. Le nombre de données nécessitera l'utilisation d'Access. La limite d'une base de données Access 2010 est de 2Go, ce qui est largement suffisant.

Pour traiter statistiquement autant de données, il faudra avoir recours à des requêtes SQL et au logiciel R. Le logiciel R est utilisé ici de préférence à SPSS ou Minitab pour sa capacité à communiquer avec Access par connexion ODBC. C'est un logiciel libre permettant la programmation statistique en langage S. Il permet de travailler sur des vecteurs pouvant aller jusqu'à 3,7Go, ce qui est amplement suffisant pour les besoins de cette recherche. La base de données produite servira à réaliser les analyses de variance pour chacune des variables dépendantes.

4.8 MÉTHODES D'ANALYSE DES RÉSULTATS

4.8.1 *Corrélations*

La revue de la littérature a démontré la pertinence des 5 variables indépendantes. Le modèle de simulation a ensuite été développé pour les mesurer séparément. Par contre, il se peut que deux variables soient corrélées entre elles et donc que l'analyse des deux variables ne soit pas nécessaire.

Une régression linéaire sera réalisée pour comparer toutes les variables entre elles. Un coefficient $R^2 \geq 0.8$ sera considéré comme élevé et une des deux variables sera omise dans l'analyse. C'est la variable qui sera le plus corrélée avec les autres variables qui sera rejetée. Les résultats de cette analyse sont présentés au chapitre 5.

4.8.2 *Analyse de la variance (ANOVA)*

L'analyse de la variance permet de déterminer l'effet de chacune des variables indépendantes sur chacune des variables dépendantes retenues lors de l'analyse de corrélation. Puisque l'interaction RP est incluse dans le modèle mathématique, l'effet de l'interaction sera aussi étudié. Un risque alpha de 5% sera utilisé pour chacune des ANOVA.

Après l'analyse de la variance, le test de Newman-Keuls est utilisé pour déterminer l'égalité des moyennes pour chacun des niveaux des variables indépendantes significatives. Cela permettra de faire des regroupements des 17 protocoles (P) ou des 4 ratios infirmières-patients (R) ou des 68 combinaisons RP. Un risque alpha de 5% sera aussi utilisé pour ce test.

Si le test de Newman-Keuls est trop puissant, c'est-à-dire qu'il crée trop de groupements, il ne pourra être utilisé pour dégager des règles d'affectation. Il faudra se tourner vers des méthodes de groupements de données comme l'algorithme des K-moyennes (Hartigan et Wong, 1979).

L'algorithme des k-moyennes prend en entrée un nombre de groupes k voulu dans les données et réalise le partitionnement selon une approche d'apprentissage non supervisé. Cet apprentissage se déroule de la manière suivante :

Initialisation

- Choisir k nombres aléatoires (autre que ceux à grouper puisqu'ils serviront simplement à initialiser les groupes)
- Assigner chaque valeur à grouper au nombre aléatoire le plus proche. Cela formera k groupes.
- Remplacer le nombre aléatoire de chaque groupe par la moyenne du groupe.

Itérations

Étape 1 : Assigner chaque observation à la valeur de la moyenne la plus proche.

Étape 2 : Recalculer la moyenne de chaque groupe.

Étape 3 : Si les nouvelles moyennes sont identiques à celles de l'itération précédente, l'algorithme prend fin et la partition finale est la solution retenue. Sinon, reprendre à l'étape 1.

Pour déterminer le nombre de groupes k à utiliser, l'algorithme sera réalisé successivement avec des valeurs de k commençant à 1, et par la suite, incrémentées de 1 à chaque fois. Lorsque la somme des carrés à l'intérieur des groupes se stabilise, la

solution obtenue est conservée. Pour calculer la somme des carrés à l'intérieur des groupes, la formule suivante est utilisée :

$$SS_k = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} (x_j - \mu_i)^2$$

SS_k : Somme des carrés selon k groupes

x_j : Donnée j appartenant au groupe S_i ($x_j \in S_i$)

μ_i : Moyenne du groupe S_i

La stabilisation de la somme des carrés peut se faire visuellement avec un graphique des sommes de carrés selon le nombre de groupes tel que montré à la figure 4.9. Dans cet exemple, on observe que la somme des carrés décroît rapidement k variant de 1 à 3, puis qu'elle se stabilise à partir de $k = 4$. La solution de l'algorithme réalisée avec $k = 4$ serait conservée comme solution.

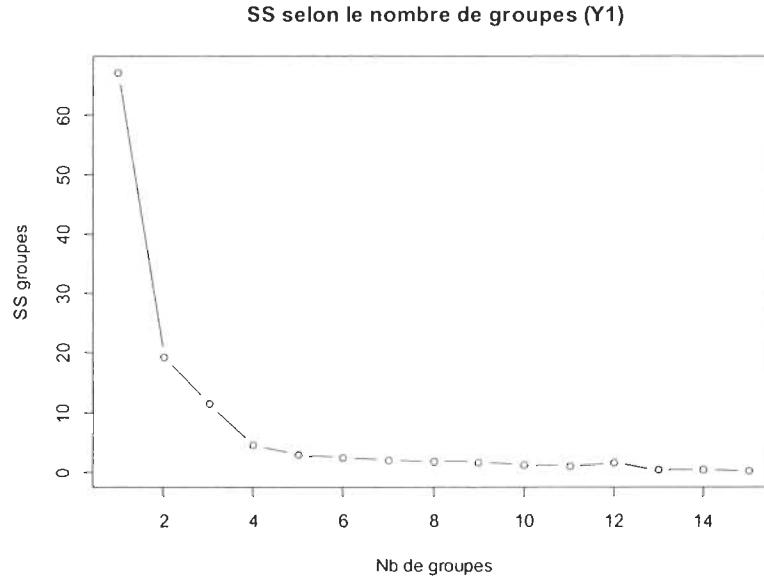


Figure 4.9: Exemple de graphique de détermination du nombre de groupes

Que ce soit par Newman-Keuls ou par l'algorithme des k -moyennes, les groupements obtenus serviront à déterminer les catégories de charge de travail.

4.8.4 Réunion des variables dépendantes

Puisqu'il y a cinq variables dépendantes et que chacune d'elles représente un aspect de la charge de travail, l'analyse de la variance ainsi que le groupement des données par Newman-Keuls ou l'algorithme des k-moyennes seront réalisées indépendamment pour chacune d'elles.

Lors des groupements, il se peut que les conclusions avec une variable soit différentes d'avec une autre. Par exemple, un protocole pourrait être démesurément imprévisible (Y2), mais la densité de travail peut être raisonnable (Y1). Seules les conclusions les plus restrictives seront conservées dans les règles d'affectation finales.

CHAPITRE 5 RÉSULTATS ET ANALYSE

5.1 CORRÉLATIONS

Une régression linéaire a été réalisée pour chacune des paires de variables et les coefficients de détermination (r^2) ont été résumés dans le tableau 5.1. Le détail des régressions est toutefois disponible à l'annexe 6.

Tableau 5.1: Coefficients de déterminations entre les Y_i

Variables Y_i	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
Y_1	-	0,54	0,59	0,35	0,6
Y_2		-	0,83	0,26	0,52
Y_3			-	0,44	0,73
Y_4				-	0,80
Y_5					-

On remarque que l'imprévisibilité (Y_2) et le multitâche (Y_3) sont fortement liées entre elles ($R^2 = 0,83$) et la même chose pour le niveau d'empilement cognitif (Y_4) et la priorisation (Y_5) avec un $R^2 = 0,80$.

La corrélation forte entre deux variables peut être interprétée de trois façons : soit qu'une variable influence l'autre, soit qu'une variable tierce les fait varier de la même façon ou soit qu'elles soient liées par la manière de les mesurer dans le modèle de simulation. Que ce soit l'un ou l'autre des cas, il ne sera donc pas essentiel d'avoir deux variables fortement liées pour le restant de l'analyse. Une seule variable suffira.

Pour décider quelle variable rejeter entre Y_2 et Y_3 , on doit considérer la corrélation de chacune d'elles avec les autres variables étudiées. De cette manière, on peut rejeter celle qui est liée la plus fortement avec les autres. Ainsi, on rejette celle qui donne l'information qui se rapproche le plus de celle donnée par les autres variables.

Dans le cas de l'imprévisibilité (Y_2) et le multitâche (Y_3), on voit que Y_3 est plus fortement liée aux autres variables comparativement à Y_2 . Ceci se voit dans le tableau comparatif des coefficients de corrélation (tableau 5.2). C'est donc Y_3 que l'on retirera du restant de l'analyse.

Tableau 5.2: R^2 pour comparer le lien de Y2 et Y3 avec les autres variables

	Y1	Y4	Y5
Y2	0,54	0,26	0,52
Y3	0,59	0,44	0,73

Le même processus a été réalisé pour choisir quelle variable à rejeter entre le niveau d'empilement cognitif (Y4) et la priorisation (Y5). Puisque c'est Y5 qui a le lien le plus fort avec les autres variables, cette variable sera retirée de l'analyse (tableau 5.3).

Tableau 5.3: R^2 pour comparer le lien de Y4 et Y5 avec les autres variables

	Y1	Y2	Y3
Y4	0,35	0,26	0,44
Y5	0,6	0,52	0,73

Le reste de l'analyse portera donc sur la densité de travail (Y1), l'imprévisibilité (Y2) et le niveau d'empilement cognitif (Y4). La figure 5.1 présente le choix des variables suite à l'élimination des variables Y3 et Y5. On remarque que Y4 explique la charge cognitive tout autant que les deux variables retirées (Y3 et Y5). Autrement dit, même avec le retrait des variables, aucune information sur la charge de travail ne sera perdue.

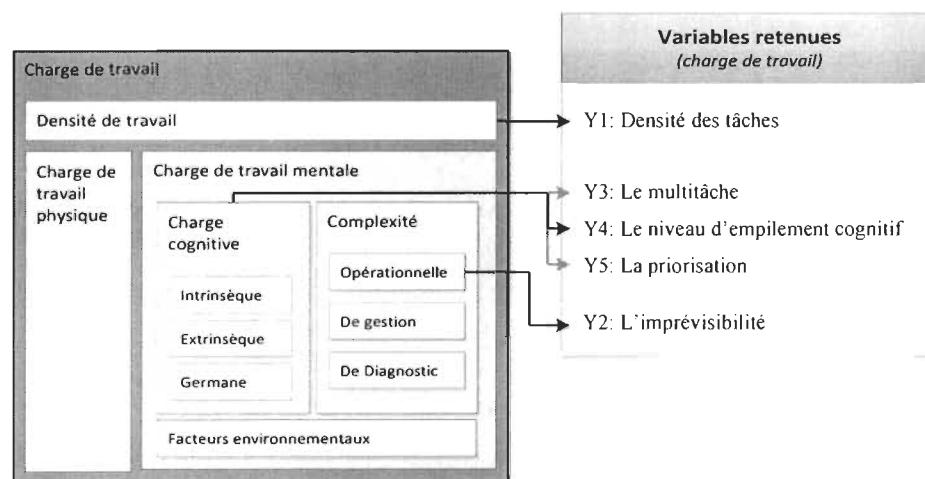


Figure 5.1: Variables retenues pour l'analyse

5.2 LA DENSITÉ DE TRAVAIL (Y1)

La densité de travail représente le nombre de tâches que l'infirmière doit accomplir sur une période de temps unitaire. Puisque la densité est calculée à l'aide du nombre de tâches réalisées durant le protocole divisé par le temps total de ce dernier, on doit se rappeler que c'est une densité moyenne de travail sur la durée de traitement.

5.2.1 Analyse de la variance

L'analyse de la variance a été réalisée pour la densité des tâches (Y1). Le tableau 5.4 montre les résultats.

Tableau 5.4: ANOVA pour la densité de travail (Y1)

	dl	SS	MS	F	p-value
P	16	12,883	0,805	8931,8	$< 2 \times 10^{-16}$
R	3	9,666	3,222	35740,7	$< 2 \times 10^{-16}$
P:R	48	1,359	0,028	314,1	$< 2 \times 10^{-16}$
Erreur	6732	0,607	0,000		
Total	6799	24,515	0,004		

Comme on peut le constater, le carré moyen de l'erreur est pratiquement nul à cause du nombre important de degrés de liberté de l'erreur (dl erreur = 6732). Cela signifie que le modèle est répliqué un nombre de fois suffisant pour que la densité de travail ne soit pas influencée par autre chose que par les variables choisies dans le modèle mathématique (protocole (P), ratio infirmière-patient (R) et l'interaction entre les deux).

Bien que les facteurs R et P soient significatifs séparément (p-value inférieur à 5%), on peut aussi voir qu'il existe une interaction entre les deux variables puisque le p-value est inférieur à 5% pour l'interaction RP. Dans l'interprétation des données et l'élaboration des règles d'affectation, il faudra donc considérer conjointement le facteur P et R pour ce qui est de la densité de travail (Y1). Il est toutefois intéressant de faire quelques remarques sur chacun des facteurs séparément

La figure 5.2 illustre ces valeurs de la densité de travail (Y_1) pour chacun des 17 protocoles étudiés. Certains protocoles occasionnent plus de densité de travail que d'autres. En effet, elle varie entre 0,06 et 0,19 tâche/minute (3,6 à 11,4 tâches/h) selon les protocoles étudiés.

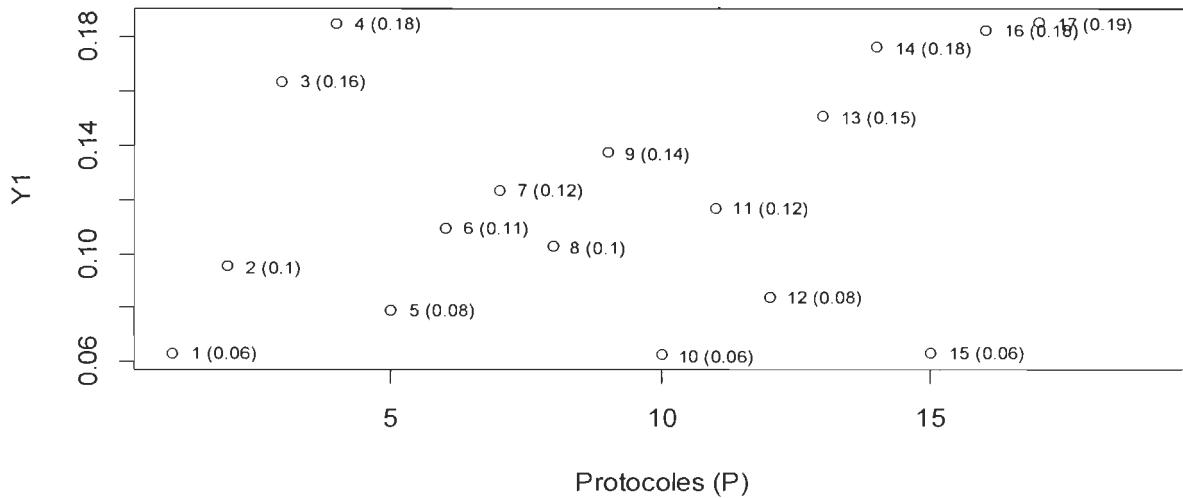


Figure 5.2: Valeurs de la densité de travail (Y_1) selon le protocole P

Les valeurs de densité de travail ont aussi été regroupées selon les ratios infirmière-patients dans la figure 5.3.

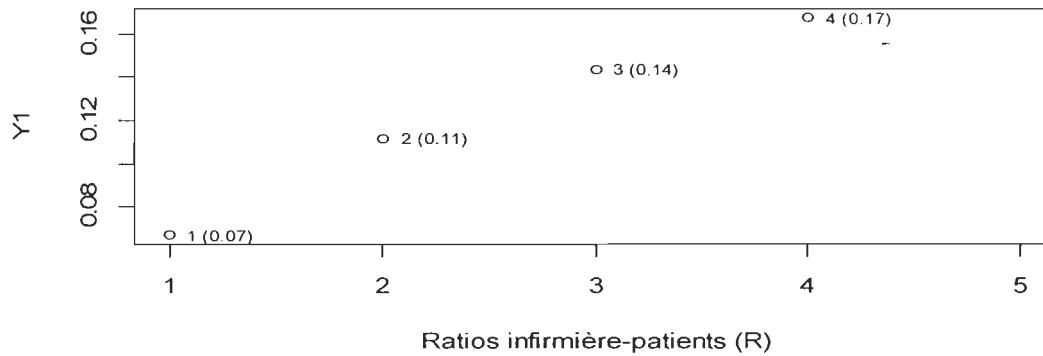


Figure 5.3: Valeurs de la densité de travail (Y_1) selon le ratio infirmière-patients R

On remarque que l'infirmière a en moyenne 0,07 tâche/min (4,2 tâches/h) lorsqu'une infirmière a un seul patient, mais que cette valeur n'est pas proportionnelle au nombre de patients. Autrement dit, la densité des tâches de l'infirmière n'est pas multipliée par 4 lorsqu'elle a 4 patients à s'occuper (0,17 tâche/h en réalité au lieu de $0,07 \times 4 = 0,28$ tâche/h).

Cela s'explique par le fait que le temps de traitement varie selon les réplications du modèle de simulation. Par contre, la densité de travail est fortement corrélée avec le nombre de patients.

Regroupées par protocole et ratio infirmière-patient, les moyennes varient entre 0,03 et 0,26 tâche/min (1,8 à 15,6 tâches/h). On remarque à la figure 5.4 qu'il y a beaucoup de croisements, ce qui confirme visuellement que l'interaction est significative.

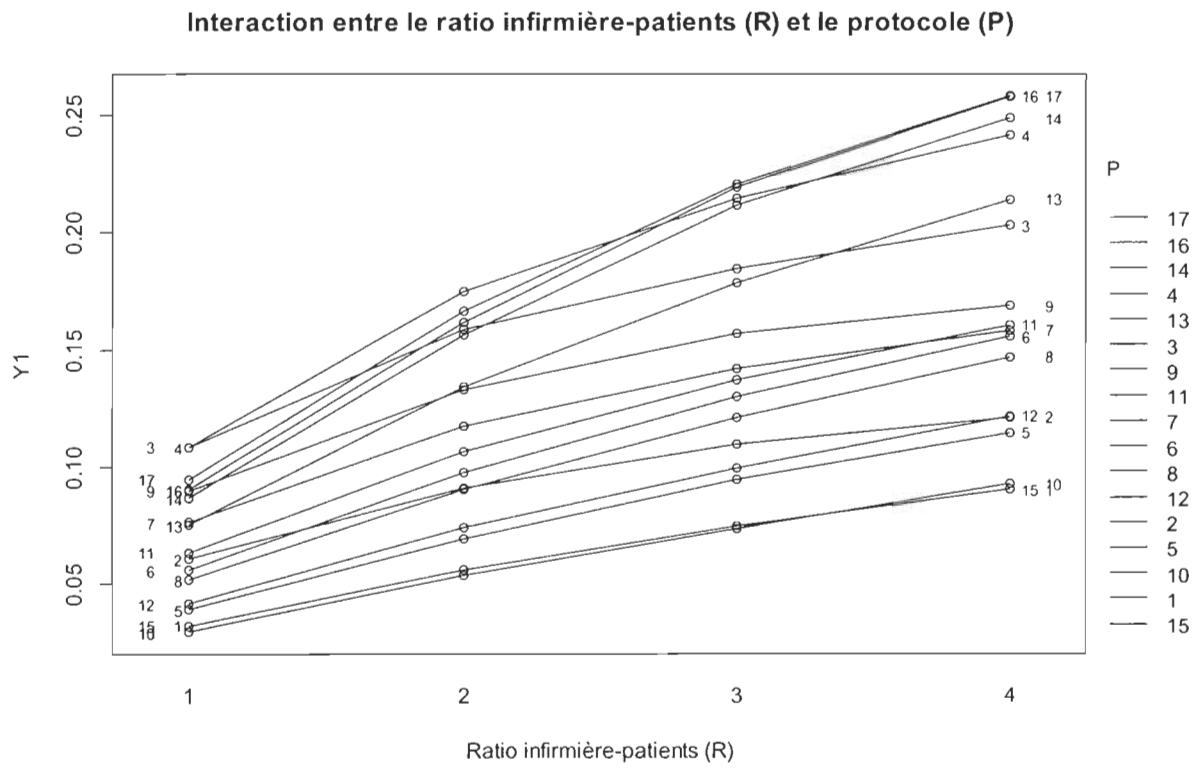


Figure 5.4: Graphique des interactions pour Y1

Pour analyser les résultats de la densité de travail pour l'interaction RP il faut se tourner vers le test de Newman-Keuls ou le regroupement.

5.2.2 Comparaison des moyennes

Grâce au test statistique de Newman-Keuls, les 68 moyennes de l'interaction RP (4 ratios infirmière-patients x 17 protocoles) ont pu être comparées entre elles. Si deux moyennes sont statistiquement égales, les deux combinaisons RP sont associées au même groupe. Au total, 34 groupes ont été formés. Les résultats du test (disponibles à l'annexe 7) montrent que les protocoles 16 et 17 combinés aux ratios 1 :4 provoquent des densités de travail équivalentes et les plus élevées.

A l'inverse, les protocoles 1, 15 et 10 combiné au ratio 1:1 occasionne des densités de travail équivalentes et les plus faible. Par exemple, on retrouve au centre un groupe de deux combinaisons (protocole 9 avec un ratio 1 :4 et protocole 17 avec un ratio 1 :2) qui engendre une densité de travail équivalente : respectivement 0.169 et 0.167. Ce résultat est intéressant car une infirmière qui traite 4 patients avec le protocole 9 et 2 patients avec le protocole 17 à la même densité de travail. Ce résultat questionne le ratio 1 :4 établit dans les cliniques externes pour tous les types de protocoles.

Puisque le nombre de groupes formés par le test de Newman-Keuls est important, il est difficile de dégager des conclusions utiles. Aussi, plusieurs combinaisons chevauchent deux ou plusieurs groupes, ce qui rend la tâche plus ardue. L'algorithme des k-moyennes a donc été utilisé comme alternative pour regrouper les 68 moyennes des combinaisons RP.

L'algorithme a été réalisé pour différentes valeurs de k (le nombre de groupes à réaliser) et les résultats de la somme des carrés sont présentés à la figure 5.5. Puisque la courbe se stabilise à k=4, la solution avec 4 groupes est conservée pour le regroupement des moyennes des densités des tâches (Y1).

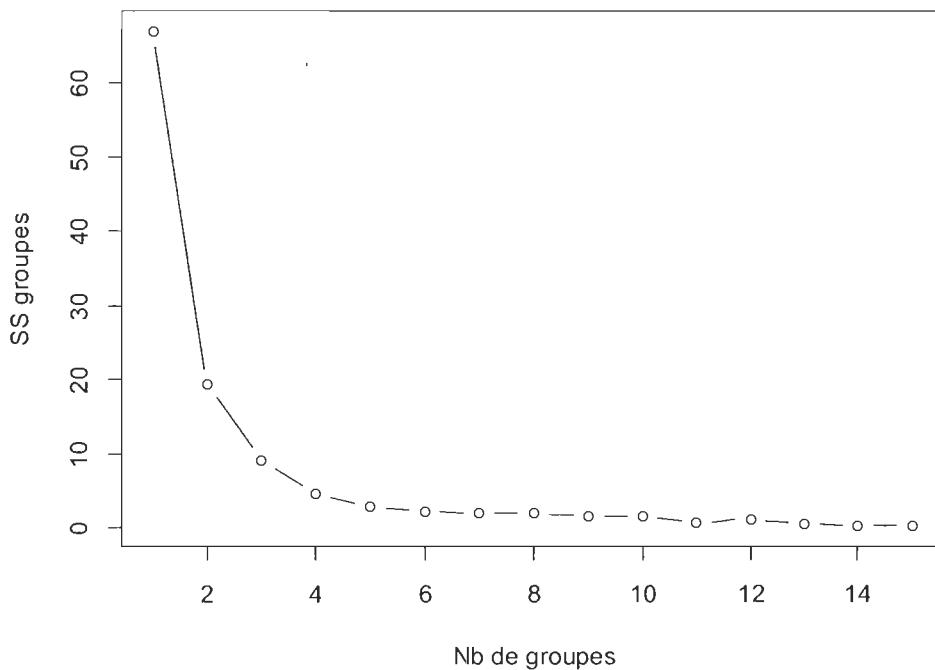


Figure 5.5: Somme des carrés selon le nombre de groupes (pour Y1)

Le tableau 5.5 présente les résultats de l'algorithme avec 4 groupements. À noter que le groupement 1 comprend les valeurs les plus faibles et le groupement 4 contient les valeurs les plus élevées. Par exemple, le protocole 1 avec un ratio infirmière-patients de 1 :1 se retrouve dans le groupe 1 (ayant la plus faible densité de travail) tandis que le protocole 17 avec le ratio 1 :3 se retrouve dans le groupe 4 avec la densité de travail la plus élevée.

Tableau 5.5: Groupements de l'algorithme des k-moyennes pour la variable Y1

Protocoles	Ratio 1 :1		Ratio 1 :2		Ratio 1 :3		Ratio 1 :4	
	Groupe	Valeur	Groupe	Valeur	Groupe	Valeur	Groupe	Valeur
1	1	0,032	1	0,056	1	0,075	2	0,090
2	1	0,061	2	0,091	2	0,109	2	0,121
3	2	0,109	3	0,159	3	0,184	4	0,203
4	2	0,108	3	0,175	4	0,215	4	0,242
5	1	0,039	1	0,069	2	0,094	2	0,114
6	1	0,056	2	0,098	3	0,130	3	0,156
7	1	0,076	2	0,117	3	0,142	3	0,158
8	1	0,052	2	0,091	2	0,121	3	0,147
9	2	0,090	3	0,133	3	0,157	3	0,169
10	1	0,029	1	0,054	1	0,074	2	0,093
11	1	0,063	2	0,107	3	0,137	3	0,161
12	1	0,042	1	0,074	2	0,099	2	0,122
13	1	0,075	3	0,134	3	0,179	4	0,214
14	2	0,087	3	0,157	4	0,211	4	0,249
15	1	0,032	1	0,056	1	0,075	2	0,090
16	2	0,090	3	0,162	4	0,220	4	0,258
17	2	0,095	3	0,167	4	0,221	4	0,258

Tout comme le test de Newman-Keuls, les protocoles 1, 10 et 15 se retrouvent dans le groupe 1 des valeurs les plus faibles pour presque tous les ratios. Les protocoles 4, 14, 16 et 17 se retrouvent dans le groupe 4 des plus grandes valeurs dès le ratio 3. L'avantage d'utiliser l'algorithme des k-moyennes est qu'il y a moins de groupe ce, qui facilite l'analyse et permet de déterminer des limites entre chaque groupe.

Les limites entre les groupements réalisés par l'algorithme peuvent être déterminées en prenant la valeur équidistante entre la valeur maximale d'un groupe et la valeur minimale du groupe suivant. Par exemple, la limite entre le groupe 1 et 2 est située à 0,082 ((0,076+0,087)/2). Le tableau 5.6 montre la valeur minimale et maximale de chaque groupe ainsi que les limites qui ont été calculées.

Tableau 5.6: Table des limites des groupes pour Y1

Groupes	Min	Max	LIMITES
1	0,029	0,076	-
2	0,087	0,122	0,082
3	0,130	0,184	0,126
4	0,203	0,258	0,194

La figure 5.6 permet de visualiser les valeurs de toutes les combinaisons protocole-ratio dans les limites calculées, à partir de l'algorithme des k-moyennes.

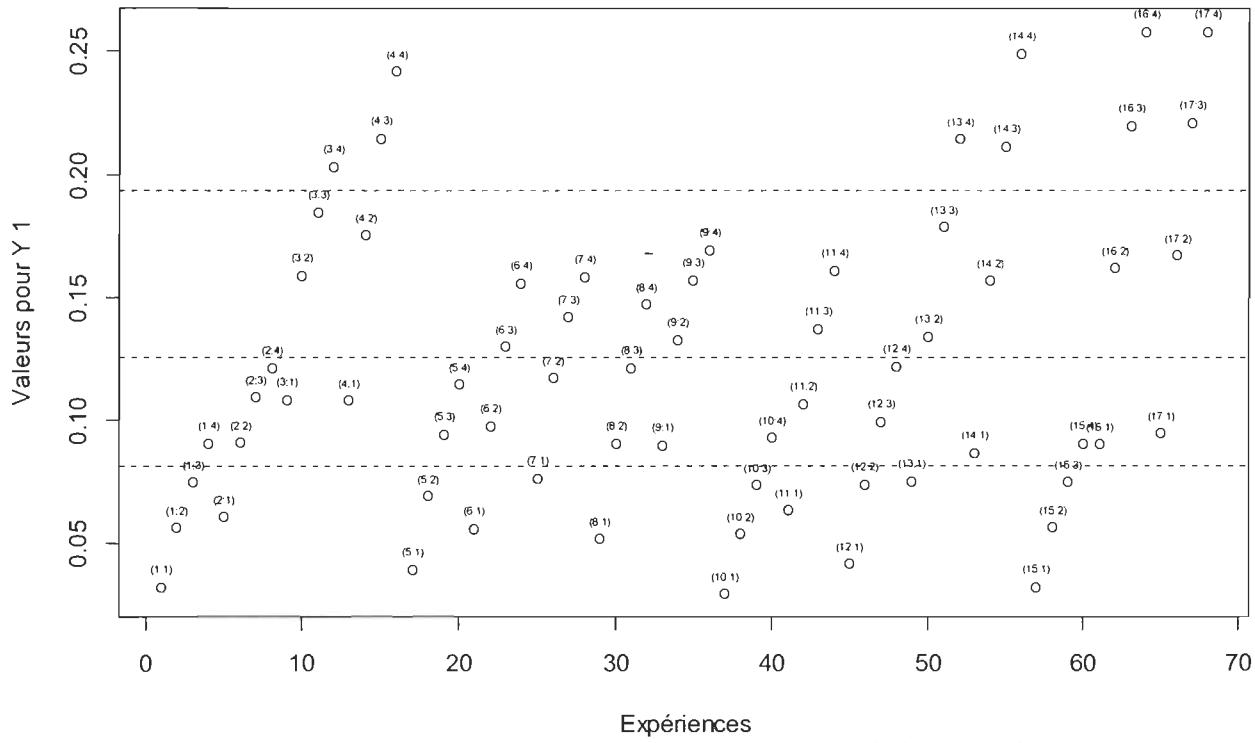


Figure 5.6: Groupement des protocoles selon Y1 avec limites calculées

Suite à la confirmation d'une infirmière en hémato-oncologie, les protocoles qui ont une charge de travail perçue comme étant très élevée sont présents dans l'échantillon des 17 protocoles choisis pour cette recherche. Autrement dit, les valeurs maximales obtenues pour la densité de travail ($Y1 = 0,258$) sont susceptibles d'être un indicateur de charge de travail élevée. Par extension, toutes les combinaisons RP issues du groupe 4 seront considérées comme présentant une charge de travail élevée. Une charge de travail élevée peut affecter la qualité des soins donnés par l'infirmière et présenter un risque pour la sécurité du patient.

Dans le cas de la densité de travail ($Y1$), ce sont les protocoles 16 et 17 avec un ratio 1 :4 qui présente la densité de travail la plus élevée (0,258 tâche/min ou 15,48 tâches/h). Les combinaisons RP classées dans le même groupe devront être évitées. Le tableau 5.7 présente ces combinaisons.

Tableau 5.7: Combinaisons RP dans le groupe 4

Protocoles (P)	Ratios infirmière- patients (R)
3	1 :4
4	1 :3
	1 :4
13	1 :4
14	1 :3
	1 :4
16	1 :3
	1 :4
17	1 :3
	1 :4

Ainsi, pour éviter d'avoir une densité de travail élevée, les protocoles 3 et 13 ne devront pas dépasser le ratio infirmière-patients 1 :3 et les protocoles 4,14,16 et 17 ne devront pas excéder le ratio 1 :2. Ce sont là les premières règles qui permettront de planifier les rendez-vous des patients de manière à répartir la charge de travail dans une optique de sécurité pour le patient et de qualité des soins. À noter que, dans le cadre de cette recherche, seulement les combinaisons RP du groupe 4 sont prises en considération puisque c'est le groupe qui a la charge de travail la plus élevée.

5.3 L'IMPRÉVISIBILITÉ (Y2)

L'imprévisibilité (Y2) fait état du nombre de complications que l'infirmière doit gérer lors de l'administration des protocoles de chimiothérapie. Contrairement à la densité de travail (Y1), cette mesure n'inclut pas la dimension temporelle. De plus, cette mesure est un simple décompte du nombre de complications et n'est pas rapportée sur une base unitaire de patients.

5.3.1 Analyse de la variance

L'analyse de la variance a été réalisée pour l'imprévisibilité (Y2) (tableau 5.8). On remarque que les protocoles (P) ont une influence significative (p-value inférieur à 5%) sur l'imprévisibilité (Y2). La figure 5.7 montre que les valeurs moyennes pour l'imprévisibilité se situent entre 1,01 et 25,55 selon le protocole. On observe que les protocoles 13, 14 et 16 se démarquent du reste des protocoles par leur imprévisibilité, suivis de près par les protocoles 17 et 4.

Tableau 5.8: ANOVA pour l'imprévisibilité (Y2)

	dl	SS	MS	F	p-value
P	16	445219	27826	8490.0	$< 2 \times 10^{-16}$
R	3	77521	25840	7884.1	$< 2 \times 10^{-16}$
P:R	48	87227	1817	554.5	$< 2 \times 10^{-16}$
Erreur	6732	22064	3		
Total	6799	186812	27,47		

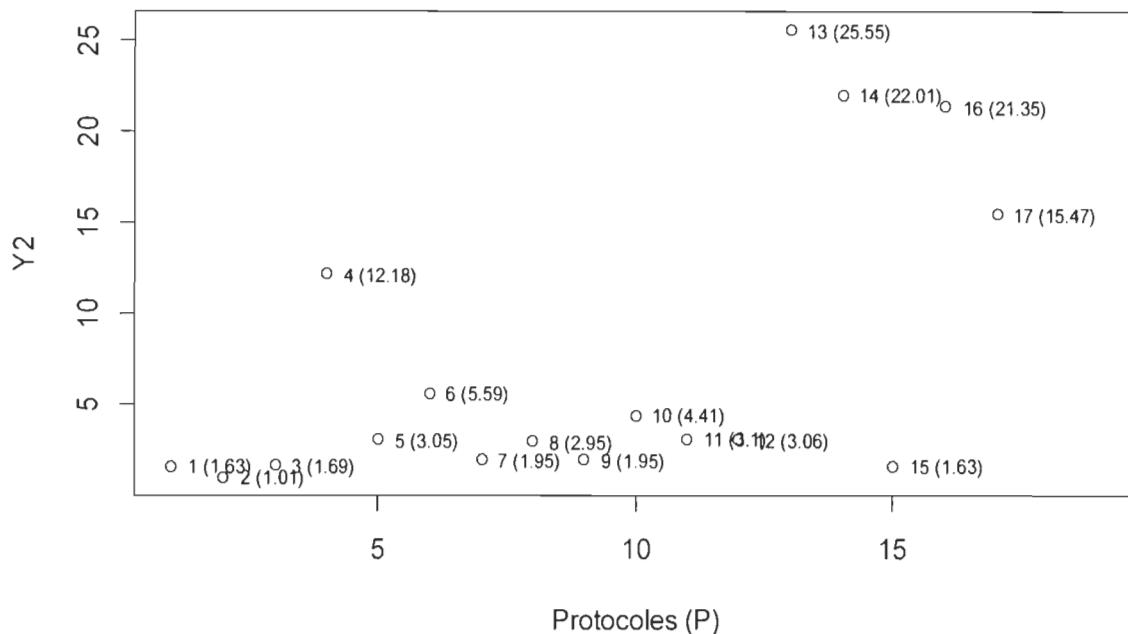


Figure 5.7: Valeurs de l'imprévisibilité (Y2) selon le protocole P

Le ratio infirmière-patient (R) a aussi une influence significative (p-value inférieur à 5%) sur l'imprévisibilité. La figure 5.8 montre la répartition des moyennes de l'imprévisibilité (Y2) pour les 4 ratios.

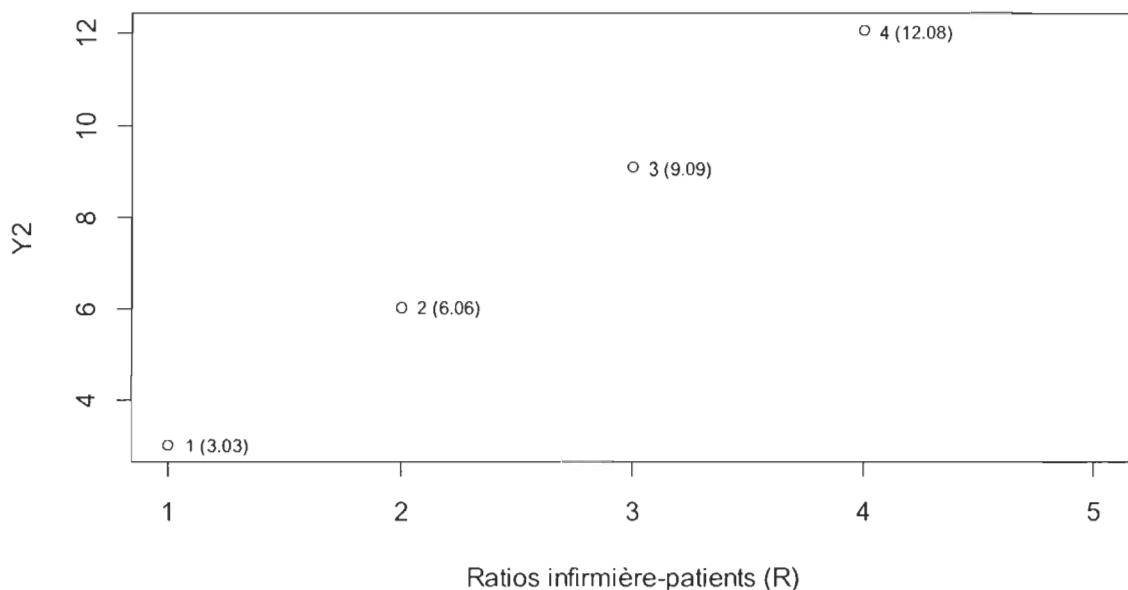


Figure 5.8: Valeurs de l'imprévisibilité (Y2) selon le ration infirmière-patients R

On note que les données sont proportionnelles au nombre de patients et que l'imprévisibilité augmente avec le nombre de patients. Cette dernière observation est expliquée par le fait que Y_2 cumule les complications de chaque patient.

L'ANOVA démontre aussi que l'interaction entre les facteurs R et P est significative puisque le p -value est inférieur à 5%. On remarque à la figure 5.9, qu'il y a effectivement absence de parallélisme entre les courbes dans leur ensemble, même si certaines le sont entre elles. Par contre, il n'y a que très peu de croisements dû au fait que les données sont proportionnelles par rapport au facteur R .

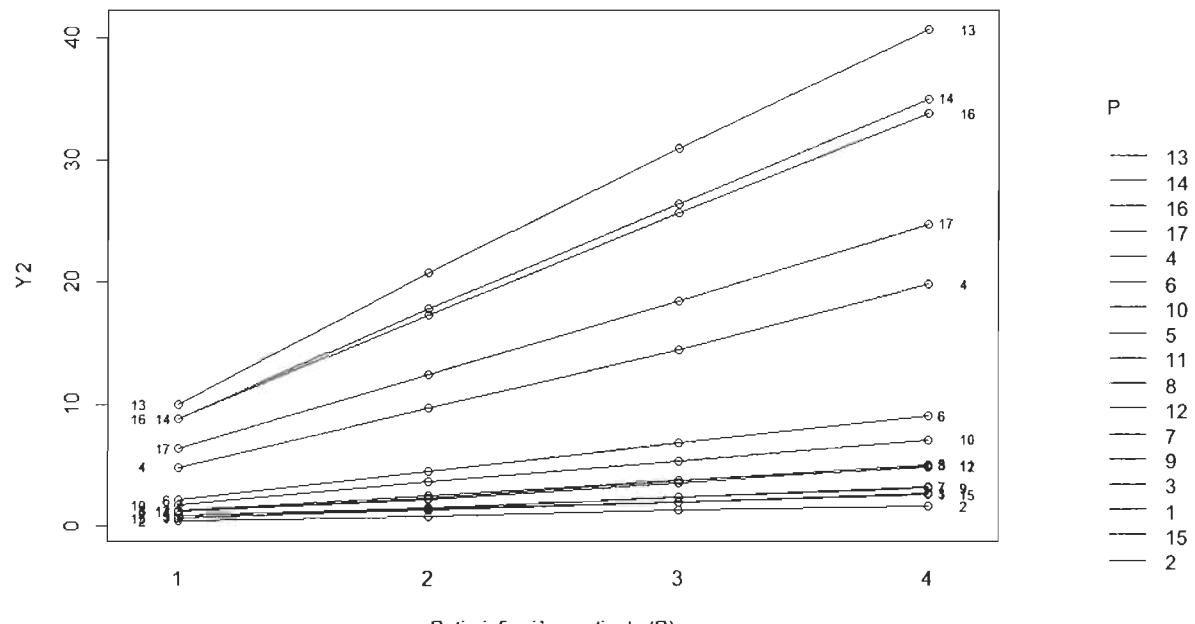


Figure 5.9: Interaction entre le ratio infirmière-patients R et le protocole P (pour Y_2)

5.3.2 Comparaison des moyennes

Le test de comparaison des moyennes Newman-Keuls a donc été réalisé sur l'interaction et 31 groupes ont été créés pour les 68 combinaisons RP (référence annexe 7). Tout comme pour l'analyse de la densité de travail, ce nombre élevé de groupe complique l'analyse pour dégager des règles d'affectation. L'algorithme des k -moyennes a donc été utilisé et la somme des carrés pour différentes valeurs de k sont illustrées dans la figure 5.10.

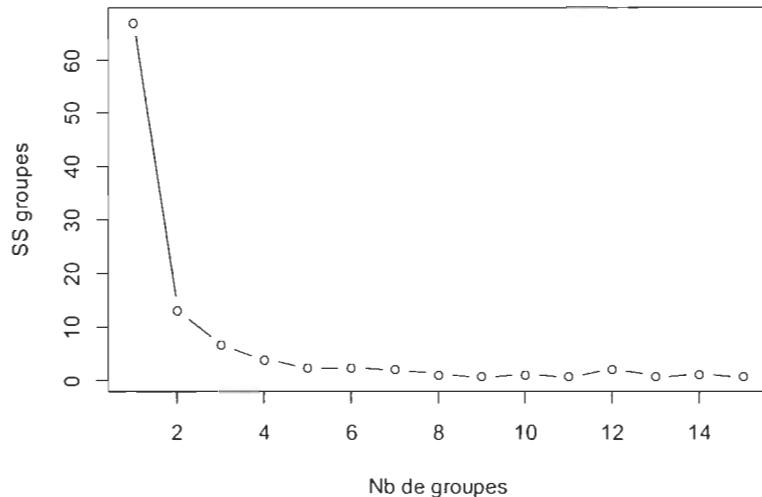


Figure 5.10: Somme des carrés pour différents k pour la variable Y2

Puisque la courbe se stabilise à $k = 4$, la solution pour 4 groupements sera conservée.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 5.9: Groupements de l'algorithme des k -moyennes pour la variable Y2

Protocole	Ratio 1		Ratio 2		Ratio 3		Ratio 4	
	Groupe	Valeur	Groupe	Valeur	Groupe	Valeur	Groupe	Valeur
1	1	0,66	1	1,32	1	1,96	1	2,57
2	-	0,41	1	0,75	1	1,3	1	1,59
3	1	0,69	1	1,41	1	1,97	1	2,68
4	2	4,82	2	9,66	3	14,44	3	19,79
5	1	1,14	1	2,27	1	3,77	2	5,03
6	1	2,15	1	4,44	2	6,77	2	9,01
7	1	0,85	1	1,44	1	2,31	1	3,2
8	1	1,21	1	2,18	1	3,49	2	4,92
9	1	0,85	1	1,46	1	2,38	1	3,1
10	1	1,71	1	3,58	2	5,28	2	7,05
11	1	1,2	1	2,46	1	3,73	2	5
12	1	1,28	1	2,42	1	3,69	2	4,84
13	2	9,94	3	20,74	4	30,91	4	40,63
14	2	8,8	3	17,84	3	26,42	4	34,99
15	1	0,66	1	1,32	1	1,96	1	2,57
16	2	8,76	3	17,25	3	25,64	4	33,75
17	2	6,34	2	12,4	3	18,43	3	24,71

Les limites des groupements ont été calculées de la même manière que pour Y1 et sont présentées dans le tableau 5.10.

Tableau 5.10: Limite des groupements (Y2)

Groupes	Min	Max	LIMITES
1	0,41	4,44	-
2	4,82	12,40	4,63
3	14,44	26,42	13,42
4	30,91	40,63	28,67

Tout comme pour Y1, les données appartenant au groupe 4 sont susceptibles d'occasionner un risque pour la sécurité des patients et une diminution de la qualité des soins. Comme il a été mentionné pour Y1, cette constatation est issue d'une entrevue réalisée avec une infirmière d'expérience en hémato-oncologie. La figure 5.11 montre la moyenne de l'imprévisibilité (Y2) pour chacune des combinaisons RP selon les 4 groupes.

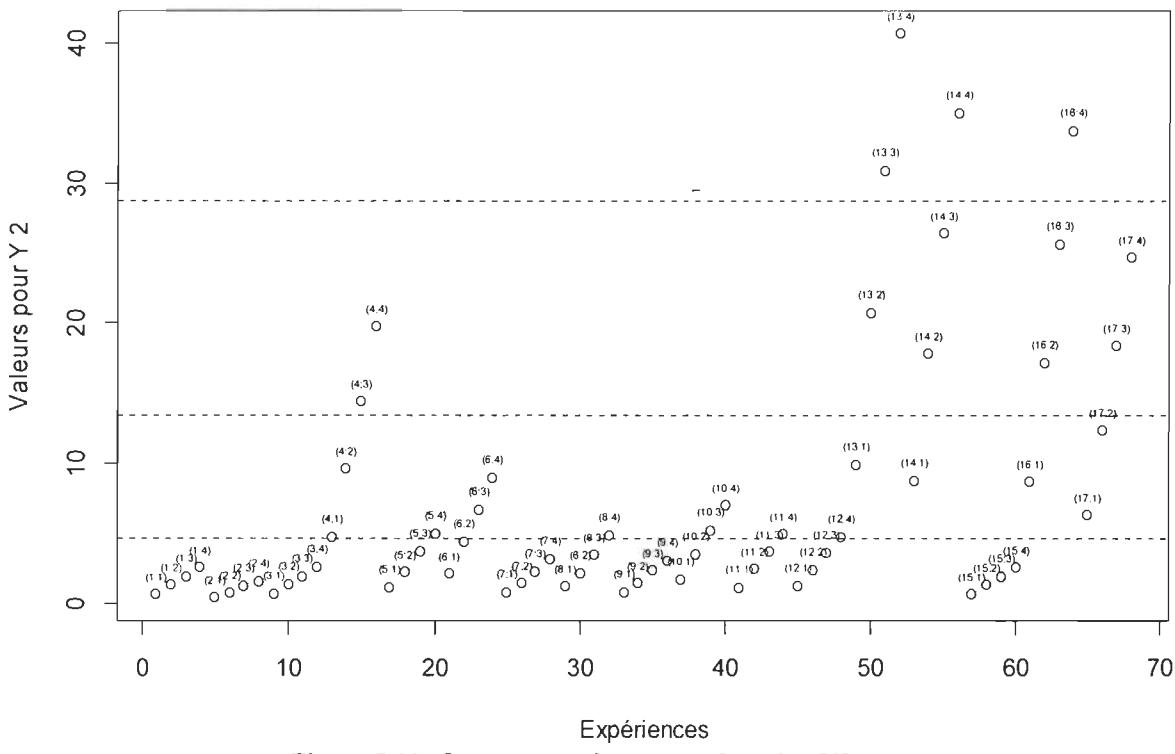


Figure 5.11: Groupement des protocoles selon Y2

On remarque à la figure 5.11 que 4 combinaisons RP appartiennent au groupe 4 (le groupe ayant les valeurs les plus élevées) et doivent donc être évitées (tableau 5.11). À noter que cette liste est cohérente avec l'analyse du facteur P qui indiquait que les protocoles 13, 14 et 16 se démarquaient par leur imprévisibilité.

Tableau 5.11: Combinaisons RP à éviter (selon Y4)

Protocoles (P)	Ratios infirmière- patients (R)
13	1 :3
	1 :4
14	1 :4
16	1 :4

Tout comme pour Y1, les combinaisons RP du groupe 4 seulement sont prises en considération puisque l'interprétation des autres groupes à plus faible charge de travail ne conduit à aucune règle d'affectation.

5.4 NIVEAU D'EMPILEMENT COGNITIF (Y4)

L'empilement cognitif fait référence à l'utilisation de la mémoire de l'infirmière. Pour mesurer cette utilisation de la mémoire dans le modèle de simulation, le temps d'attente de chaque tâche est enregistré et la valeur moyenne pour chaque expérience est conservée. Ce temps d'attente représente le temps que l'infirmière garde en mémoire l'information de la tâche jusqu'au début de sa réalisation. La variable Y4 est donc calculée en minutes.

5.4.1 Analyse de la variance

L'analyse de la variance a été réalisée pour l'empilement cognitif (Y4) et les résultats sont présentés au tableau 5.12.

Tableau 5.12: ANOVA pour l'empilement cognitif (Y4)

	dl	SS	MS	F	p-value
P	16	1274	79,6	100,45	$< 2 \times 10^{-16}$
R	3	5377	1792,3	2261,82	$< 2 \times 10^{-16}$
P:R	48	802	16,7	21,07	$< 2 \times 10^{-16}$
Erreur	6732	5335	0,8		
Total	6799	12788	1,88		

Les protocoles (P) ont une influence significative (p-value inférieur à 5%) sur l'empilement cognitif (Y4). Cela signifie que les protocoles n'utilisent pas tous la mémoire de l'infirmière aussi intensément. Selon la figure 5.12, le temps moyen des tâches gardées en mémoire varie entre 0,1 à 1,99 minute (env. 6 sec à 2 minutes) selon le protocole. La figure 5.12 montre que la dispersion n'est pas élevée, mais que les protocoles 3 et 4 se démarquent des autres, le premier par sa faible valeur et le second par sa valeur élevée d'empilement cognitif.

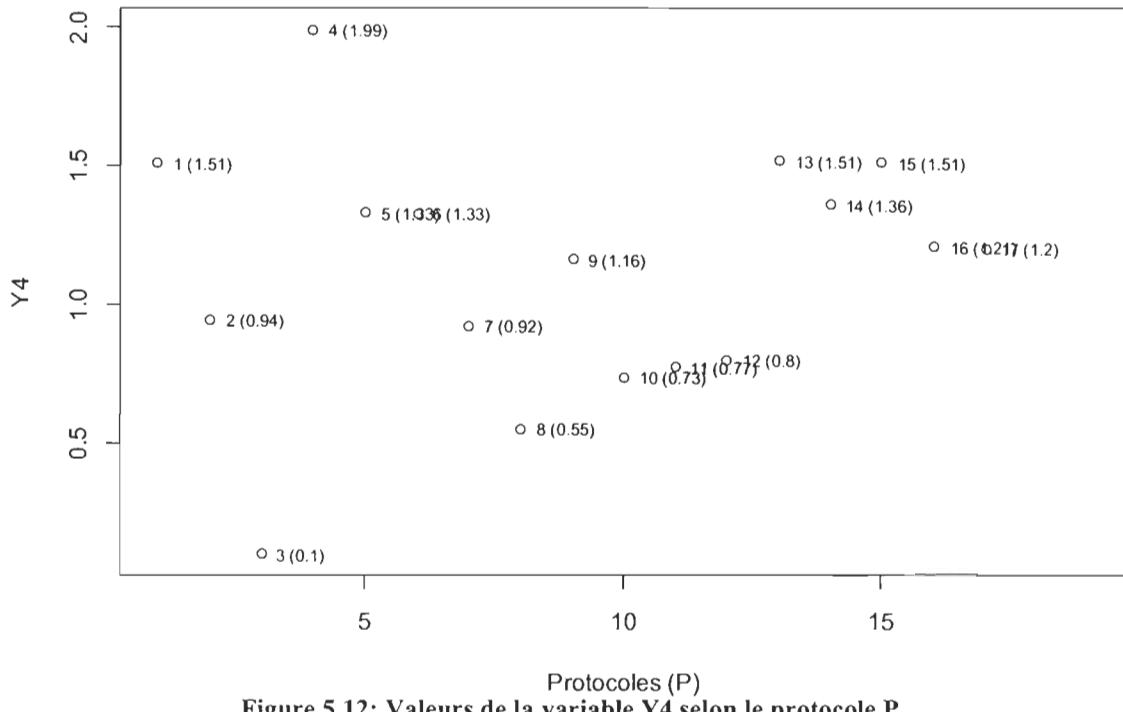


Figure 5.12: Valeurs de la variable Y4 selon le protocole P

Le ratio infirmière-patient (R) a aussi une influence significative (p-value inférieur à 5%) sur l’empilement cognitif. Cela signifie qu’il existe une différence d’empilement cognitif selon le nombre de patients qu’une infirmière a sous sa charge. La figure 5.13 montre la répartition des moyennes regroupées par ratio infirmière-patients.

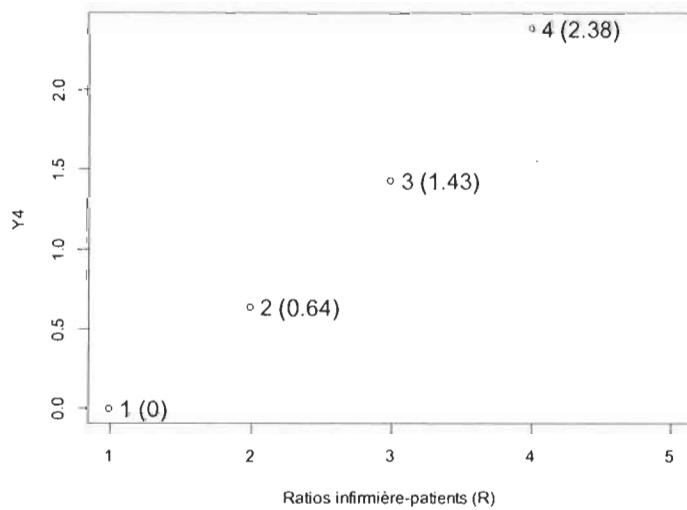


Figure 5.13: Valeur de la variable Y4 selon le ratio infirmière-patients R

On remarque à la figure 5.13 que l'empilement cognitif est égal à zéro pour un ratio 1 :1. Cela s'explique par le fait qu'aucune tâche ne peut s'accumuler avec un seul patient. L'empilement a lieu lorsque l'infirmière s'occupe d'un patient et qu'au même moment un autre patient a besoin d'une intervention (une complication ou le début d'une prochaine étape du protocole). L'empilement cognitif le plus élevé est de 2,38 minutes pour le ratio 1 :4.

L'analyse de la variance démontre aussi que l'interaction RP est significative (p-value inférieur à 5%). En effet, la figure 5.14 montre quelques croisements et un manque de parallélisme. On peut comprendre par cette observation que l'impact du ratio infirmière-patients (R) n'est pas le même pour chaque protocole.

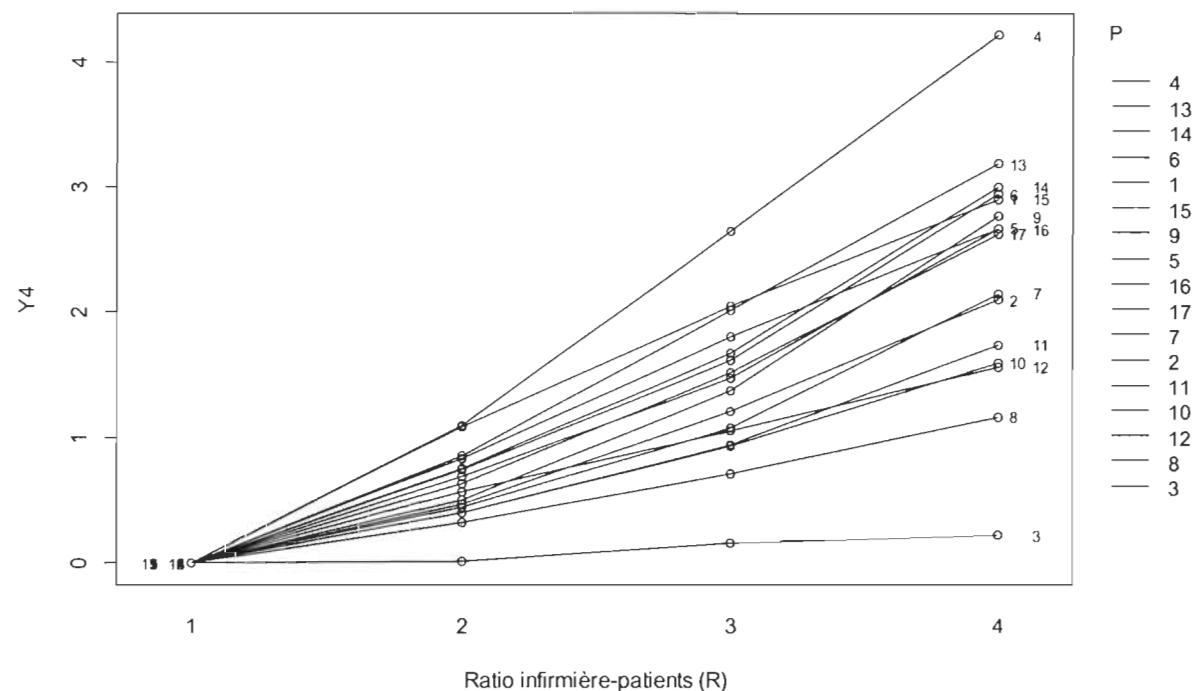


Figure 5.14: Interaction entre le ratio R et le protocole P (pour Y4)

On peut faire à la figure 5.14 les mêmes observations faites précédemment, à savoir, que tous les ratios infirmière-patients (R) 1 :1 occasionne un temps moyen d'attente de zéro et que les protocoles 3 et 4 ont des courbes qui se démarquent par leur niveau d'empilement cognitif. De plus, on peut observer que les courbes ont une allure

exponentielle. Cela signifie que l'empilement cognitif est un élément de la charge de travail plus problématique lorsque le ratio infirmière-patients augmente.

On observe aussi que la moyenne la plus élevée est 4,21 minutes pour la combinaison protocole 4 ratio 1 :4.

Si les tâches indirectes étaient prises en compte dans le modèle de simulation, la valeur de l'empilement cognitif serait plus élevée. Par exemple, le téléphone pourrait sonner lorsque l'infirmière est avec un patient. Si le niveau d'empilement cognitif est élevé sans considérer les tâches indirectes, il ne peut qu'être plus élevé avec celles-ci, ce qui justifie l'établissement d'une base de référence pour éviter que l'empilement cognitif occasionne un risque pour la sécurité du patient et pour la qualité des soins.

5.4.2 Comparaison des moyennes

Le test de comparaison des moyennes Newman-Keuls a donc été réalisé sur l'interaction et 19 groupes ont été créés pour les 68 combinaisons RP (référence annexe 7). Tout comme pour Y1 et Y2, le nombre de groupes est trop élevé et il n'est donc pas adapté pour dégager des règles d'affectation et donc l'algorithme des k-moyennes a été utilisé. La solution pour $k = 4$ a été choisie puisque la courbe se stabilise à cette valeur (figure 5.15).

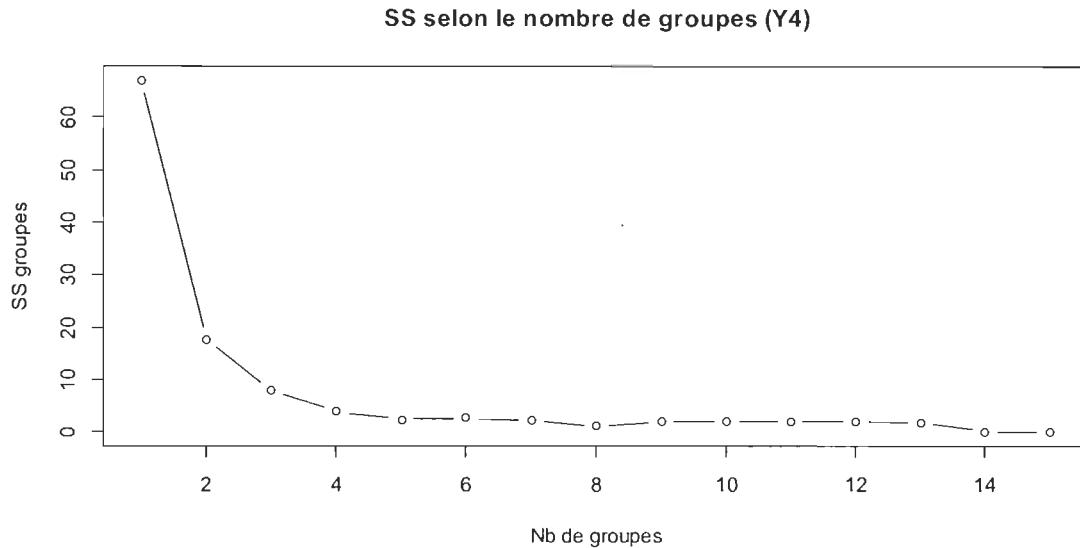


Figure 5.15: Somme des carrés pour différents k pour la variable Y4

Le tableau 5.13 montre les résultats des groupements pour $k=4$. Tout comme pour Y1 et Y2, le groupement 1 contient les groupements RP qui ont la plus faible valeur et à l'inverse, le groupement 4 contient les valeurs les plus élevées.

Tableau 5.13: Groupements de l'algorithme des k-moyennes pour la variable Y4

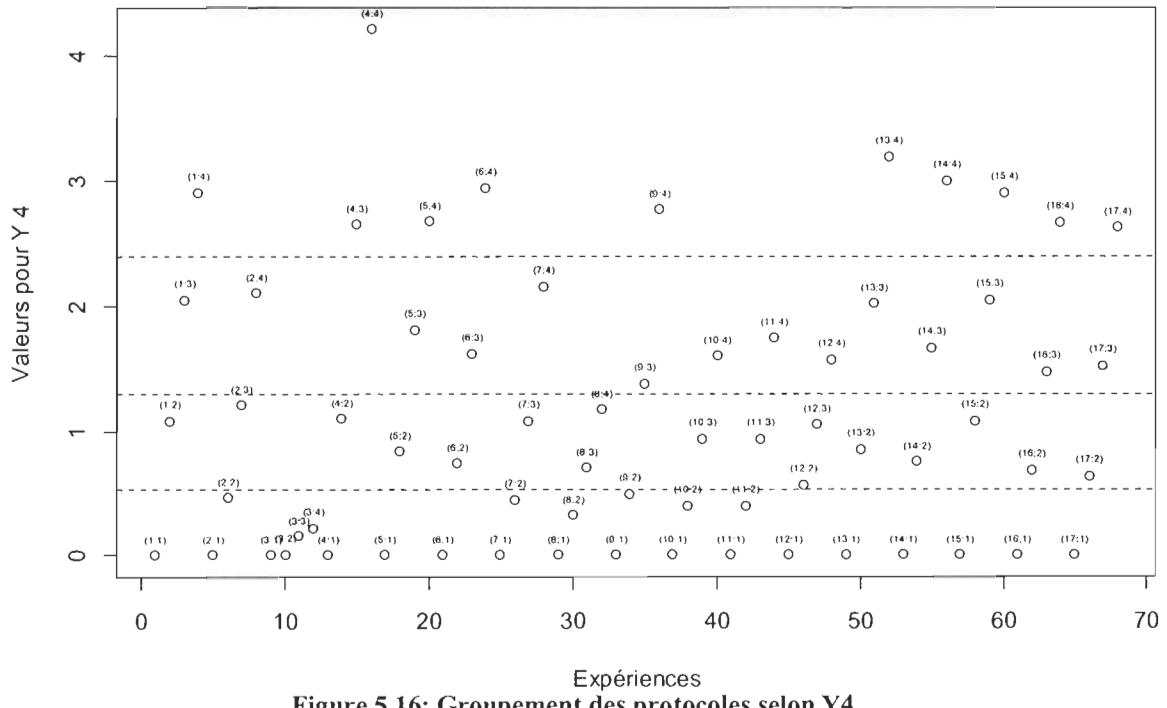
Protocole	Ratio 1		Ratio 2		Ratio 3		Ratio 4	
	Groupe	Valeur	Groupe	Valeur	Groupe	Valeur	Groupe	Valeur
1	1	0	2	1,084	3	- 2,044	4	2,904
2	1	0	1	0,468	2	1,207	3	2,099
3	1	0	1	0,010	1	0,159	1	0,222
4	1	0	2	1,101	4	2,649	4	4,211
5	1	0	2	0,836	3	1,809	4	2,673
6	1	0	2	0,740	3	1,619	4	2,941
7	1	0	1	0,451	2	1,078	3	2,151
8	1	0	1	0,325	2	0,707	2	1,169
9	1	0	1	0,496	3	1,379	4	2,766
10	1	0	1	0,402	2	0,937	3	1,601
11	1	0	1	0,405	2	0,939	3	1,742
12	1	0	2	0,570	2	1,051	3	1,567
13	1	0	2	0,851	3	2,018	4	3,188
14	1	0	2	0,752	3	1,668	4	3,003
15	1	0	2	1,084	3	2,044	4	2,904
16	1	0	2	0,684	3	1,474	4	2,666
17	1	0	2	0,639	3	1,523	4	2,625

Les limites issues des données de Y4 ont été calculées de la même manière que pour Y1 et Y2 et sont présentées au tableau 5.14.

Tableau 5.14: Limites des groupements pour Y4

Groupes	Min	Max	LIMITES
1	0,00	0,50	-
2	0,57	1,21	0,53
3	1,38	2,15	1,29
4	2,63	4,21	2,39

Les limites établies par l'algorithme peuvent être visualisées à la figure 5.16. On remarque que le groupe 4 contient plus de données pour Y1 que pour les autres variables. Autrement dit, l'empilement cognitif est la composante de la charge de travail qui est la plus limitative. On remarque aussi que protocole 4 avec un ratio 1 : 4 est la combinaison qui provoque un empilement cognitif le plus élevé soit un temps moyen de 4,21 minutes de mise en mémoire des tâches.



Le tableau 5.15 montre la liste des combinaisons à éviter pour réduire le risque pour la sécurité des patients et pour la qualité des soins. Elle est plus longue que pour les autres variables et donc la plus restrictive. Cela permet de confirmer que l'administration des traitements de chimiothérapie par les infirmières fait largement appel à la mémoire (la charge cognitive) et que c'est le facteur qui limite le plus la charge de travail que l'on peut affecter à une infirmière.

Tableau 5.15: Combinaisons RP à éviter (selon Y4)

Protocoles (P)	Ratios infirmière- patients (R)
1	1 :4
4	1 :3
	1 :4
5	1 :4
6	1 :4
9	1 :4
13	1 :4
14	1 :4
15	1 :4
16	1 :4
17	1 :4

Tout comme pour Y1 et Y2, les combinaisons RP du groupe 4 sont prises comme mettant en à risque la qualité des soins et la sécurité du patient.

5.5 RÈGLES D'AFFECTATION

5.5.1 Réunion des variables dépendantes

Jusqu'à présent, les résultats ont été présentés pour chaque variable dépendante séparément. Toutefois, pour établir des règles d'affectation, il faut maintenant les considérer ensemble (tableau 5.16). Les combinaisons à éviter pour chacune des variables dépendantes ont été traduites en termes de ratio maximum. Ainsi, pour le protocole 1, Y4 avait le ratio 1 :4 (groupe 4 avec charge de travail à éviter) et donc le ratio maximum doit être 1 :3. Un tiret a été placé pour toutes les variables n'ayant pas de combinaison RP à éviter.

Tableau 5.16: Réunion des ratios maximum (Y1, Y2 et Y4)

Protocoles	Ratio maximum selon les Yi (si applicable)			Ratio maximum retenu
	Y1	Y2	Y4	
1	-	-	1:3	1:3
2	-	-	-	-
3	1:3	-	-	1:3
4	1:2	-	1:2	1:2
5	-	-	1:3	1:3
6	-	-	1:3	1:3
7	-	-	-	-
8	-	-	-	-
9	-	-	1:3	1:3
10	-	-	-	-
11	-	-	-	-
12	-	-	-	-
13	1:3	1:2	1:3	1:2
14	1:2	1:3	1:3	1:2
15	-	-	1:3	1:3
16	1:2	1:3	1:3	1:2
17	1:2	-	1:3	1:2

On remarque que certaines variables Y_i sont plus restrictives que d'autres pour un même protocole. Cela est normal puisque chaque variable Y_i correspond à un aspect différent de la charge de travail. Aucun travail de recherche n'a été fait pour réunir les aspects de la charge de travail et donc une moyenne ou une addition des valeurs pour les Y_i n'a donc aucune signification. Il faudra donc prendre le ratio le plus restrictif pour chacun des protocoles pour être plus conservateur.

Certains protocoles n'ont pas de restriction. Cela ne signifie pas qu'une infirmière peut prendre autant de patients qu'elle le désire, mais bien que les ratios, jusqu'à 1 :4, posent moins de risque pour la sécurité du patient en ce qui concerne la charge de travail.

Le tableau 5.17 donne le ratio infirmière-patients le plus restrictif pour chacun des protocoles. À noter que les protocoles ont été classés en ordre croissant de ratio, autrement dit, du plus restrictif au moins restrictif.

Tableau 5.17: Ratio infirmière-patients maximal (liste ordonnée par ratio)

Numéro attribué pour la recherche	Nom du protocole	Ratio infirmière-patients maximal
4	Taxotère Docétaxel	1:2
13	Taxol	1:2
14	CHOP – Rituxan	1:2
16	Rituxan (LENT)	1:2
17	Rituxan (RAPIDE)	1:2
1	FOLFOX 6 ou 4 modifié	1:3
3	VELCADE	1:3
5	FOLFIRI	1:3
6	FOLFIRI + AVASTIN	1:3
9	Fludarabine	1:3
15	5-Fluorouracil (de Gramont modifié)	1:3
2	TOPOTÉCAN	≥1:4
7	Gemzar	≥1:4
8	Carbo Gemzar	≥1:4
10	Herceptin 1ère dose	≥1:4
11	Herceptin 2+	≥1:4
12	AC	≥1:4

On remarque que 5 protocoles sur les 17 protocoles étudiés ne peuvent pas être affectés plus de 2 fois à la même infirmière en même temps. Pour les protocoles 14, 16 et 17, c'est la densité de travail (Y1) qui est la plus restrictive. C'est aussi le cas pour le protocole 4, mais l'empilement cognitif est aussi restrictif pour ce protocole. Par contre, pour le protocole 13, c'est l'imprévisibilité (Y2) qui limite le nombre de patients pour la même infirmière.

On voit que chacun des protocoles les plus restrictifs n'affecte pas la charge de travail de la même manière, mais qu'ils occasionnent tous une charge de travail compromettant la sécurité des patients et la qualité des soins lorsque 3 patients ou plus sont affectés à la même infirmière en même temps.

On remarque aussi que 6 protocoles n'ont pas de ratio infirmière-patients défini (ratio maximal $\geq 1:4$). En effet, les six protocoles occasionnant les charges de travail les plus faibles ne dépassent pas la limite de charge de travail à éviter même pour le plus haut ratio défini dans cette recherche 1 : 4. Ainsi, aucune règle d'affectation ne peut être déduite pour ces protocoles.

5.5.2 Règles d'affectation

Pour transformer les données du tableau 5.17 sous forme de règles d'affectation, on peut regrouper les protocoles en 3 grands groupes : ceux qui ont une charge de travail élevée (ratio maximum 1 :2), modérée (ratio maximum 1 :3) et faible (aucune restriction définie). Ces regroupements sont présentés dans le tableau 5.18.

Tableau 5.18: Classification des protocoles selon la charge de travail

Charge de travail Élevée	Charge de travail Modérée	Charge de travail Faible
Max. 2 patients de cette catégorie par infirmière	Max. 3 patients de cette catégorie par infirmière	Aucune restriction
<ul style="list-style-type: none"> • Taxotère Docétaxel • Taxol • CHOP-Rituxan • Rituxan (Lent ou rapide) 	<ul style="list-style-type: none"> • Folfox 6 ou 4 modifié • Velcade • Folfiri - • Folfiri+Avastin • Fludarabine • 5-FU (de Gramont modifié) 	<ul style="list-style-type: none"> • Topotécan • Gemzar • Carbo-Gemzar • Herceptin • AC

Le tableau 5.19 ordonne les protocoles selon le Pareto. On remarque que les protocoles ayant les charges de travail les plus élevées ne sont pas dans les traitements les plus administrés. Il faut toutefois faire attention lors de l'affectation du Taxotère Docétaxel (protocole 4) et du CHOP-Rituxan puisqu'ils sont respectivement au 5^e et 8^e rang et qu'ils ont une charge de travail élevée.

Tableau 5.19: Catégorie des protocoles (liste ordonnée selon l'ordre du Pareto)

Nom du protocole	Charge de travail
FOLFOX 6 ou 4 modifié	Modérée
VELCADE	Modérée
TOPOTÉCAN	Faible
Fludarabine	Modérée
Taxotère Docétaxel	Élevée
FOLFIRI	Modérée
FOLFIRI + AVASTIN	Modérée
CHOP – Rituxan	Élevée
Gemzar	Faible
Carbo Gemzar	Faible
Herceptin 1ère dose	Faible
Herceptin 2+	Faible
5-Fluorouracil (de Gramont modifié)	Modérée
AC	Faible
Rituxan (LENT)	Élevée
Rituxan (RAPIDE)	Élevée
Taxol	Élevée

5.5.3 Implication des règles d'affectation

Pour illustrer l'implication des règles d'affectation précédentes, prenons l'exemple de l'horaire de traitements présenté au tableau 5.20.

Tableau 5.20: Exemple d'horaire de traitements (horaire problématique)

Heure	Infirmière 1	Infirmière 2
8h00	RITUXAN (lent)	FOLFOX 6
8h15	RITUXAN (lent)	FOLFOX 6
8h30	RITUXAN (lent)	FOLFOX 6
8h45	FOLFOX 6	FOLFOX 6

À la première vue, aucun problème n'est détectable. Par contre, avec les résultats du tableau 5.17, on voit que le protocole *RITUXAN (lent)* appartient à la catégorie de charge de travail élevée (maximum de 2 patients par infirmière) tandis que dans l'horaire, 3 patients ayant ce protocole ont été attribués à la même infirmière.

Pour remédier au problème de surcharge de l'horaire du tableau 5.20, un simple changement d'horaire permettrait de mieux répartir la charge de travail. Par exemple, on pourrait produire l'horaire montré au tableau 5.21.

Tableau 5.21: Exemple d'horaire de traitements (horaire corrigé)

Heure	Infirmière 1	Infirmière 2
8h00	RITUXAN (lent)	FOLFOX 6
8h15	RITUXAN (lent)	FOLFOX 6
8h30	FOLFOX 6	RITUXAN (lent)
8h45	FOLFOX 6	FOLFOX 6

La catégorisation des protocoles selon leur charge de travail sert donc de balise pour la planification des rendez-vous et l'affectation des traitements de chimiothérapie aux infirmières. Elle aide à mieux répartir la charge de travail lié à l'administration de la chimiothérapie et se trouve à être un outil essentiel pour répondre aux effets néfastes de l'augmentation de la demande dans les cliniques d'hémato-oncologie.

CHAPITRE 6 CONCLUSION

6.1 SYNTHÈSE

Cette recherche s'est positionnée comme une réponse aux problèmes occasionnés par la croissance de la demande pour les traitements du cancer. Elle se démarque comme étant une des rares recherches à aborder la charge de travail des infirmières en hémato-oncologie par la simulation à événements discrets en vue de dégager des lignes directrices dans la prise de rendez-vous. Cinq variables expliquant la charge de travail liée à l'administration de la chimiothérapie ont été retenues comme méthode de mesure.

Une vaste base de données a ensuite été créée à partir de la simulation des 68 expériences. Les données recueillies sur les 5 variables dépendantes ont ensuite été analysées par une analyse de corrélation, l'analyse de la variance, le test de Newman-Keuls et l'algorithme des k-moyennes. Au final, seulement trois des cinq variables dépendantes expliquant la charge de travail ont été retenues.

Les protocoles ont finalement été classés en trois catégories selon le niveau de charge de travail exigé à l'infirmière (élevée, modérée et faible). Pour chacune des catégories, un ratio infirmière-patients maximum a été défini pour permettre d'affecter les patients aux infirmières de manière à répartir la charge de travail liée à l'administration de la chimiothérapie et ainsi augmenter la qualité des soins et la sécurité du patient.

Outre ces résultats, cette recherche aura permis d'arriver aux conclusions suivantes :

- La charge de travail liée à l'administration de la chimiothérapie par les infirmières peut être évaluée par le biais de la densité de travail, l'imprévisibilité des tâches et l'empilement cognitif.
- La charge de travail des infirmières peut effectivement être évaluée par un modèle de simulation à événements discrets.
- Toute conclusion sur la charge de travail liée à l'administration de la chimiothérapie doivent considérer à la fois le protocole et le ratio infirmière-patients et inversement.

- Le modèle de simulation à événements discrets développé lors de cette recherche permet de mesurer l'effet des protocoles de chimiothérapie et les ratios infirmière-patients sur la charge de travail. Avec un nombre de réplications suffisant et un temps fixe entre les débuts de traitement, aucune autre variable n'est significative.
- Les protocoles n'ont pas tous la même charge de travail. Certains occasionnent un risque pour la sécurité du patient et la qualité des soins lorsqu'ils sont administrés à plusieurs patients en même temps par une même infirmière. Ces limites constituent une référence pour diminuer le risque pour la sécurité des patients et augmenter la qualité des soins.
- À cause de leur charge de travail élevée, les protocoles suivants ne devront pas être administrés en simultané à plus de 2 patients par la même infirmière :
 - Taxotère Docétaxel
 - Taxol
 - CHOP-Rituxan
 - Rituxan (Lent ou rapide)
- Les protocoles suivants ont une charge de travail modérée, mais ne doivent pas être administrés à plus de trois patients en simultané par la même infirmière pour assurer la sécurité des patients et la qualité des soins :
 - Folfox 6 ou 4 modifié
 - Velcade
 - Folfiri
 - Folfiri+Avastin
 - Fludarabine
 - 5-FU (de Gramont modifié)
- Cette recherche n'a pas détecté de restriction pour les protocoles suivants (aucun problème jusqu'au ratio infirmière-patient de 1 :4) :
 - Topotécan
 - Gemzar
 - Carbo-Gemzar
 - Herceptin
 - AC

6.2 CONTRIBUTION DE LA RECHERCHE

Cette recherche a permis d'étudier la question de la charge de travail des infirmières, autant du côté de sa définition en hémato-oncologie que de sa mesure. Elle a proposé une modélisation du travail des infirmières en hémato-oncologie qui permet de déterminer de manière objective et reproductible la charge de travail liée à la tâche d'administration de la chimiothérapie. Elle a donc permis de jeter les bases pour l'étude de la répartition de la charge de travail.

En prenant une certaine distance par rapport à la subjectivité de la méthode d'évaluation de la charge de travail par l'opinion d'experts, cette recherche rend disponible l'information sur l'affectation des patients pour l'adjointe administrative à qui revient la responsabilité de planifier les rendez-vous de traitement.

D'autre part, cette recherche a permis d'établir des limites de la charge de travail dans une optique de sécurité des patients et de qualité des soins. Ces limites pourront être un point de départ pour de futurs travaux de recherche sur la charge de travail des infirmières et pourront être bonifiées ou revalidées par d'autres méthodes de mesure.

D'une manière plus générale, ce travail a permis de rassembler les connaissances en simulation, en ergonomie cognitive, en sciences infirmières, en pharmacie et en statistiques pour apporter une action concrète en réponse aux problèmes liés à l'accroissement de la demande et du nombre de protocoles de chimiothérapie.

6.3 AVENUES FUTURES DE LA RECHERCHE

Bien que cette recherche trouvait son originalité dans le fait qu'elle utilisait la simulation à événements discrets pour évaluer la charge de travail, il faut toutefois se rappeler que la simulation ne prenait pas en compte la variation qui pourrait y avoir dans le temps entre les rendez-vous ni la présence des tâches indirectes des infirmières. Ces deux variables pourront être ajoutées dans de futures recherches pour mesurer leur impact sur la charge de travail.

D'autre part, cette recherche n'a traité que 17 protocoles parmi plus de 170. D'autres travaux pourraient réaliser les mêmes simulations, mais avec d'autres protocoles. De plus, seulement les ratios infirmière-patients de 1:1 jusqu'à 1:4 ont été simulés. Ces ratios étaient suffisants pour établir des limites de charge de travail, mais n'ont pas explicitement établi des limites pour chaque protocole. De futurs travaux pourraient reprendre les limites établies pour Y1, Y2 et Y4 et tester jusqu'à quel ratio infirmière-patients on pourrait théoriquement aller pour chacun des protocoles.

D'autres projets de recherche pourraient tenter de mesurer l'impact réel des règles élaborées dans ce mémoire, que ce soit dans une clinique d'hémato-oncologie ou par l'essai dans un environnement virtuel combiné avec des méthodes plus courantes de mesure de la charge de travail comme le NASA-TLX ou le SWAT.

Finalement, cette recherche a testé les protocoles séparément pour dégager des règles d'affectation. Pour développer le sujet, d'autres recherches pourraient se concentrer sur la charge de travail engendrée par des mix de protocoles différents. Une telle recherche aurait comme avantage de compléter les 11 règles d'affectation en proposant des combinaisons alternatives. Que ce soit l'une ou l'autre des avenues de recherche qui sera empruntée, il n'en reste pas moins que ce seront toutes des voies pour une meilleure qualité des soins et une meilleure sécurité des patients malgré le contexte actuel d'augmentation du nombre de cas de cancer.

RÉFÉRENCES

- Advisory Committee on Cancer Statistics. (2013). Canadian Cancer Statistics 2014. Toronto, ON: Canadian Cancer Society. URL: <http://www.cancer.ca/Reference/?cceid=4070#ixzz2Ylp4TfjV>
- Beswick, S., Hill, P. D. & Anderson, M. A. (2010). Comparison of nurse workload approaches. *Journal of Nursing Management*, 18(5), 592-598.
- Blay, N., Cairns, J., Chisholm, J. & O'Baugh, J. (2002). Research into the workload and roles of oncology nurses within an outpatient oncology unit. *European Journal of Oncology Nursing*, 6(1), 6-12.
- Borg, G. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales* (Vol. viii). Champaign, IL, US: Human Kinetics, 104p.
- Burger, J. L., Parker, K., Cason, L., Hauck, S., Kaetzel, D., O'Nan, C. & White, A. (2010). Responses to work complexity: The novice to expert effect. *Western Journal of Nursing Research*, 32(4), 497-510.
- Burnet, N. G., Routsis, D. S., Murrell, P., Burton, K. E., Taylor, P. J., Thomas, S. J., ... Prevost, A. T. (2001). A tool to measure radiotherapy complexity and workload: Derivation from the basic treatment equivalent (BTE) concept. *Clinical Oncology*, 13(1), 14-23.
- Carayon, P. & Alvarado, C. J. (2007). Workload and Patient Safety Among Critical Care Nurses. *Critical care nursing clinics of North America*, 19(2), 121-129.
- Cardoen, B. & Demeulemeester, E. (2008). Capacity of clinical pathways - A strategic multi-level evaluation tool. *Journal of Medical Systems*, 32(6), 443-452.
- Cayirli, T., Veral, E. & Rosen, H. (2006). Designing appointment scheduling systems for ambulatory care services. *Health Care Management Science*, 9(1), 47-58.
- Chabot, G. & Fox, M. (2005). The creation of a patient-classification system in an outpatient infusion center setting. *Oncology Nursing Forum*, 32(3), 535-538.
- Chakraborty, S., Muthuraman, K. & Lawley, M. (2013). Sequential clinical scheduling with patient no-show: The impact of pre-defined slot structures. *Socio-Economic Planning Sciences*, <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84872063187&partnerID=40&md5=ca6bc97f9de69a0e26d3fe5cfc80427e>.
- Cheng, C. H., Wang, J. W. & Li, C. H. (2008). Forecasting the number of outpatient visits using a new fuzzy time series based on weighted-transitional matrix. *Expert Systems with Applications*, 34(4), 2568-2575.
- Chew, S. F. (2011). Outpatient appointment scheduling with variable interappointment times. *Modelling and Simulation in Engineering*, 2011.
- Colletti, J. E., Flottemesch, T. J., O'Connell, T., Ankel, F. K. & Asplin, B. R. (2012). Teaching and clinical efficiency: Competing demands. *Western Journal of Emergency Medicine*, 13(2), 186-193.
- Cordier, J. P. & Riane, F. (2013). Towards a centralised appointments system to optimise the length of patient stay. *Decision Support Systems*, 55(2), 629-639.

- Craighead, P., Herring, C., Hillier, C., Guo, D., Budden, J. & Rans, K. (2001). The use of the Australian basic treatment equivalent (BTE) workload measure for linear accelerators in Canada. *Clinical Oncology*, 13(1), 8-13.
- Cusack, G., Jones-Wells, A. & Chisholm, L. (2004). Patient intensity in an ambulatory oncology research center: A step forward for the field of ambulatory care. *Nursing Economics*, 22(2), 58-63.
- de Jong, T. (2010). Cognitive load theory, educational research, and instructional design: Some food for thought. *Instructional Science*, 38(2), 105-134.
- de Jonge, P., Huyse, F. J. & Stiefel, F. C. (2006). Case and Care Complexity in the Medically Ill. *Medical Clinics of North America*, 90(4), 679-692.
- de Raad, J., van Gool, K., Haas, M., Haywood, P., Faedo, M., Gallego, G., . . . Ward, R. (2010). Nursing takes time: Workload associated with administering Cancer Protocols. *Clinical journal of oncology nursing*, 14(6), 735-741.
- Delaney, Bin Jalaludin, G., Moylan, E. & Barton, M. (2002). The development of a model of outpatient chemotherapy delivery - Chemotherapy Basic Treatment Equivalent (CBTE). *Clinical Oncology*, 14(5), 406-412.
- Delaney, Gebski, V., Lunn, A. D., Lunn, M., Rus, M., Manderson, C. & Langlands, A. O. (1997). Basic Treatment Equivalent (BTE): A new measure of linear accelerator workload. *Clinical Oncology*, 9(4), 234-239.
- Delaney, Rus, M., Gebski, V., Lunn, A. D. & Lunn, M. (1999). Refinement of the basic treatment equivalent model to reflect radiotherapy treatment throughput using Australasian data. *Australasian Radiology*, 43(4), 507-513.
- Di Lorenzo, G., Buonerba, C., Biglietto, M., Scognamiglio, F., Chiurazzi, B., Riccardi, F. & Carteni, G. (2010). The therapy of kidney cancer with biomolecular drugs. *Cancer Treatment Reviews*, 36(SUPPL. 3), S16-S20.
- Dobish, R. (2003). Next-day chemotherapy scheduling: A multidisciplinary approach to solving workload issues in a tertiary oncology center. *Journal of Oncology Pharmacy Practice*, 9(1), 37-42.
- Ebright, P. R. (2010). The complex work of RNs: Implications for healthy work environments. *Online Journal of Issues in Nursing*, 15(1), 11.
- Ebright, P. R., Patterson, E. S., Chalko, B. A. & Render, M. L. (2003). Understanding the Complexity of Registered Nurse Work in Acute Care Settings. *Journal of Nursing Administration*, 33(12), 630-638.
- Engels, J. A., Van der Gulden, J. W. J., Senden, T. F., Hertog, C. A. W. M., Kolk, J. J. & Binkhorst, R. A. (1994). Physical work load and its assessment among the nursing staff in nursing homes. *Journal of Occupational Medicine*, 36(3), 338-345.
- Engkvist, I.-L., Hjelm, E. W., Hagberg, M., Menckel, E. & Ekenvall, L. (2000). Risk Indicators for Reported Over-Exertion Back Injuries among Female Nursing Personnel. *Epidemiology*, 11(5).
- Feinstein, A. R. (1970). The pre-therapeutic classification of co-morbidity in chronic disease. *Journal of Chronic Diseases*, 23(7), 455-468.

- Friedman, B., Jiang, H. J., Elixhauser, A. & Segal, A. (2006). Hospital inpatient costs for adults with multiple chronic conditions. *Medical Care Research and Review*, 63(3), 327-346.
- Gerjets, P., Scheiter, K. & Cierniak, G. (2009). The scientific value of cognitive load theory: A research agenda based on the structuralist view of theories. *Educational Psychology Review*, 21(1), 43-54.
- Grant, R. W., Ashburner, J. M., Hong, C. C., Chang, Y., Barry, M. J. & Atlas, S. J. (2011). Defining patient complexity from the primary care physician's perspective: A cohort study. *Annals of Internal Medicine*, 155(12), 797-804.
- Green, E., Preyra, C., Stewart, J., McLennan, C., Bland, R., Dus, T., . . . Sawka, C. (2012). Determining resource intensity weights in ambulatory chemotherapy related to nursing workload. *Canadian oncology nursing journal = Revue canadienne de nursing oncologique*, 22(2), 114-128.
- Grundgeiger, T., Sanderson, P., MacDougall, H. G. & Venkatesh, B. (2010). Interruption Management in the Intensive Care Unit: Predicting Resumption Times and Assessing Distributed Support. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 16(4), 317-334.
- Guo, M., Wagner, M. & West, C. (2004). Outpatient clinic scheduling - A simulation approach. *2004 Winter simulation conference proceedings*, vol. 2, 1981-1987.
- Hadavandi, E., Shavandi, H., Ghanbari, A. & Abbasian-Naghneh, S. (2012). Developing a hybrid artificial intelligence model for outpatient visits forecasting in hospitals. *Applied Soft Computing Journal*, 12(2), 700-711.
- Hancock, P. A. & Caird, J. K. (1993). Experimental evaluation of a model of mental workload. *Human Factors*, 35(3), 413-429.
- Hart, S. G. (2006). *NASA-task load index (NASA-TLX); 20 years later*. Compte-rendu.
- Hart, S. G. & Staveland, L. E. (1988) Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. de la collection): Vol. 52 (pp. 139-183).
- Hartigan, J. A. & Wong, M. A. (1979). Algorithm AS 136: A K-Means Clustering Algorithm. [Article]. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 28(1), 100.
- Hastings, C. E. (1987). Classification issues in ambulatory care nursing. *The Journal of Ambulatory Care Management*, 10(3).
- Hendy, K. C., Liao, J. & Milgram, P. (1997). Combining time and intensity effects in assessing operator information- processing load. *Human Factors*, 39(1), 30-47.
- Hill, S. G., Plamondon, B. D., Wierwille, W. W., Lysaght, R. J., Dick, A. O. & Bittner, A. C. (1987). Analytic Techniques for the Assessment of Operator Workload. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 31(3), 368-372.
- Ho, C. J. & Lau, H. S. (1999). Evaluating the impact of operating conditions on the performance of appointment scheduling rules in service systems. *European Journal of Operational Research*, 112(3), 542-553.
- Holmes, M., Bodie, K., Porter, G., Sullivan, V., Tarasuk, J., Trembley, J. & Trudeau, M. (2010). Optimizing Resource Allocation and Patient Flow: Process Analysis and

- Reorganization in Three Chemotherapy Outpatient Clinics*. *Healthcare Quarterly*, 13(4), 48-55.
- Hopkinson, S. G. & Jennings, B. M. (2013). Interruptions during nurses' work: A state-of-the-science review. *Research in Nursing and Health*, 36(1), 38-53.
- Iezzi, J., Zayas-Castro, J., Santander-Mercado, A., Weng, M., Ziel, N. & Caraway, V. (2007). Multi-criteria decision making in outpatient scheduling. *2007 Winter Simulation Conference*, 287-292.
- Iezzi, J., Zayas-Castro, J., Weng, M., Centeno, G., Perez-Blanco, K., Downey, A. K. & Perez, C. (2005). Engineering service at H. Lee Moffitt Cancer Center. *IIE Annual Conference and Exposition*, 5.
- Jabbour, E., Cortes, J. E., Giles, F. J., O'Brien, S. & Kantarjian, H. M. (2007). Current and emerging treatment options in chronic myeloid leukemia. *Cancer*, 109(11), 2171-2181.
- Kallen, M. A., Terrell, J. A., Lewis-Patterson, P. & Hwang, J. P. (2012). Improving wait time for chemotherapy in an outpatient clinic at a Comprehensive Cancer Center. *Journal of Oncology Practice*, 8(1), e1-e7.
- Krichbaum, K., Diemert, C., Jacox, L., Jones, A., Koenig, P., Mueller, C. & Disch, J. (2007). Complexity compression: nurses under fire. *Nursing forum*, 42(2), 86-94.
- Ladyman, J., Lambert, J. & Wiesner, K. (2013). What is a complex system? *European Journal for Philosophy of Science*, 3(1), 33-67.
- Laganga, L. R. (2011). Lean service operations: Reflections and new directions for capacity expansion in outpatient clinics. *Journal of Operations Management*, 29(5), 422-433.
- Lee, H.-C. & Seong, P.-H. (2009). A computational model for evaluating the effects of attention, memory, and mental models on situation assessment of nuclear power plant operators. *Reliability Engineering & System Safety*, 94(11), 1796-1805.
- Lehto, M. R. (2008). *Introduction to human factors and ergonomics for engineers*. New York: Lawrence Erlbaum.
- Liao, J. & Moray, N. (1993). A simulation study of human performance deterioration and mental workload. *Travail Humain*, 56(4), 321-344.
- Liu, N., Ziya, S. & Kulkarni, V. G. (2010). Dynamic scheduling of outpatient appointments under patient no-shows and cancellations. *Manufacturing and Service Operations Management*, 12(2), 347-364.
- Lloyd, S. (2001). Measures of complexity: a nonexhaustive list. *Control Systems, IEEE*, 21(4), 7-8.
- Loys, I. A. & Curry, P. (2012). Charge de travail du personnel infirmier et soins aux patients. *Fédération canadienne des syndicats d'infirmières et infirmiers*.
- Luo, J., Kulkarni, V. G. & Ziya, S. (2012). Appointment scheduling under patient no-shows and service interruptions. *Manufacturing and Service Operations Management*, 14(4), 670-684.
- Malone, T. B., Perse, R. M., Heasly, C. C. & Kirkpatrick, M. (1988). Manprint in the Program Initiation Phase of System Acquisition. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 32(16), 1108-1112.

- Mazier, A., Billaut, J. C. & Tournamille, J. F. (2010). Scheduling preparation of doses for a chemotherapy service. *Annals of Operations Research*, 178(1), 145-154.
- Mazur, L. M., Mosaly, P. R., Jackson, M., Chang, S. X., Burkhardt, K. D., Adams, R. D., . . . Marks, L. B. (2012). Quantitative assessment of workload and stressors in clinical radiation oncology. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, 83(5), e571-e576.
- McCloy, T. M., Wood, F. R. & Stollings, M. N. (1983). GENDER AND COGNITIVE ABILITIES IN THE ACQUISITION AND TRANSFER OF BASIC FLYING SKILLS - ANOTHER LOOK (Vol. 1, pp. 6-8).
- Mezzich, J. E. & Salloum, I. M. (2008). Clinical complexity and person-centered integrative diagnosis. *World Psychiatry*, 7(1), 1-2.
- Miyake, S. (2001). Multivariate workload evaluation combining physiological and subjective measures. *International Journal of Psychophysiology*, 40(3), 233-238.
- Moore, M. & Hastings, C. (2006). The evolution of an ambulatory nursing intensity system: Measuring nursing workload in a day hospital setting. *Journal of Nursing Administration*, 36(5), 241-248.
- Myny, D., Van Hecke, A., De Bacquer, D., Verhaeghe, S., Gobert, M., Defloor, T. & Van Goubergen, D. (2012). Determining a set of measurable and relevant factors affecting nursing workload in the acute care hospital setting: A cross-sectional study. *International Journal of Nursing Studies*, 49(4), 427-436.
- Norris, J. B., Kumar, C., Chand, S., Moskowitz, H., Shade, S. A. & Willis, D. R. (2012). An empirical investigation into factors affecting patient cancellations and no-shows at outpatient clinics. *Decision Support Systems*, <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84870767083&partnerID=40&md5=97e92dce7a4de9565bf436a98451fbb2>.
- Parker, P. M. (2010). The 2010-2015 Outlook for Cancer Therapies in North America & the Caribbean. (Rapport No Rapport de recherche adressé au:
- Patterson, E. S., Ebright, P. R. & Saleem, J. J. (2011). Investigating stacking: How do registered nurses prioritize their activities in real-time? *International Journal of Industrial Ergonomics*, 41(4), 389-393.
- Petrovic, D., Morshed, M. & Petrovic, S. (2011). Multi-objective genetic algorithms for scheduling of radiotherapy treatments for categorised cancer patients. *Expert Systems with Applications*, 38(6), 6994-7002.
- Plimack, E. R. & Hudes, G. R. (2011). Selecting Targeted Therapies for Patients with Renal Cell Carcinoma. *JNCCN Journal of the National Comprehensive Cancer Network*, 9(9), 997-1007.
- Potter, P., Wolf, L., Boxerman, S., Grayson, D., Sledge, J., Dunagan, C. & Evanoff, B. (2005). Understanding the cognitive work of nursing in the acute care environment. *Journal of Nursing Administration*, 35(7-8), 327-335.
- Reid, G. B. & Nygren, T. E. (1988) The Subjective Workload Assessment Technique: A Scaling Procedure for Measuring Mental Workload. de la collection): *Vol. 52* (pp. 185-218).

- Rohleder, T. R., Bischak, D. P. & Baskin, L. B. (2007). Modeling patient service centers with simulation and system dynamics. *Health Care Management Science*, 10(1), 1-12.
- Rohleder, T. R. & Klassen, K. J. (2002). Rolling horizon appointment scheduling: A simulation study. *Health Care Management Science*, 5(3), 201-209.
- Rönnberg, E. & Larsson, T. (2010). Automating the self-scheduling process of nurses in Swedish healthcare: A pilot study. *Health Care Management Science*, 13(1), 35-53.
- Sadki, A., Xie, X. & Chauvin, F. (2010). Patients assignment for an oncology outpatient unit. *IEEE International Conference on Automation Science and Engineering*, <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-78149426790&partnerID=40&md5=55ed9838c9059a629689db75c7a62556>, 891-896.
- Sadki, A., Xie, X. & Chauvin, F. (2011). Appointment scheduling of oncology outpatients. *IEEE International Conference on Automation Science and Engineering*, <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-82455192480&partnerID=40&md5=338fafe3b97b3b99779486e6efc0fef6>, 513-518.
- Sadki, A., Xie, X. & Chauvin, F. (2012). Planning oncologists of ambulatory care units. *Decision Support Systems*, <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84867641418&partnerID=40&md5=cdbea0df063a9cd30777d5b0441af0be>.
- Safford, M. M., Allison, J. J. & Kiefe, C. I. (2007). Patient complexity: More than comorbidity. The vector model of complexity. *Journal of General Internal Medicine*, 22(SUPPL. 3), 382-390.
- Salvendy, G. (2012). *Handbook of Human Factors and Ergonomics* (pp. 253-254): Wiley.
- Sanders, M. S. (1993). *Human factors in engineering and design* (7th ed.. éd.). New York / Montréal: McGraw-Hill.
- Santibáñez, P., Aristizabal, R., Puterman, M. L., Chow, V. S., Huang, W., Kollmannsberger, C., . . . Tyldesley, S. (2012). Operations research methods improve chemotherapy patient appointment scheduling. *Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety*, 38(12), 541-553.
- Santibáñez, P., Chow, V. S., French, J., Puterman, M. L. & Tyldesley, S. (2009). Reducing patient wait times and improving resource utilization at British Columbia Cancer Agency's ambulatory care unit through simulation. *Health Care Management Science*, 12(4), 392-407.
- Scherb, C. A. & Weydt, A. P. (2009). Work complexity assessment, nursing interventions classification, and nursing outcomes classification: making connections. *Creative nursing*, 15(1), 16-22.
- Schnotz, W. & Kürschner, C. (2007). A Reconsideration of Cognitive Load Theory. *Educational Psychology Review*, 19(4), 469-508.
- Senders, J. W. & Posner, M. J. M. (1976). A Queueing Model of Monitoring and Supervisory Behaviour. Dans T. Sheridan & G. Johannsen (Éds.), *Monitoring Behavior and Supervisory Control* (Vol. 1, pp. 245-259): Springer US.

- Shang, J., Friese, C. R., Wu, E. & Aiken, L. H. (2013). Nursing practice environment and outcomes for oncology nursing. *Cancer Nursing*, 36(3), 206-212.
- Shirey, M. R., Ebright, P. R. & McDaniel, A. M. (2013). Nurse manager cognitive decision-making amidst stress and work complexity. *Journal of Nursing Management*, 21(1), 17-30.
- Sitterding, M. C., Broome, M. E., Everett, L. Q. & Ebright, P. (2012). Understanding situation awareness in nursing work: A hybrid concept analysis. *Advances in Nursing Science*, 35(1), 77-92.
- Stacey, R. D. (2007). *Strategic management and organisational dynamics: the challenge of complexity to ways of thinking about organisations*: Pearson Education.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G. & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296.
- Ted, M. (2005). The definition and measurement of mental workload *Evaluation of Human Work, 3rd Edition* (doi:10.1201/9781420055948.ch18 10.1201/9781420055948.ch18pp. 525-551): CRC Press.
- Tsang, P. S. & Velazquez, V. L. (1996). Diagnosticity and multidimensional subjective workload ratings. *Ergonomics*, 39(3), 358-381.
- Turkcan, A., Zeng, B. & Lawley, M. (2012). Chemotherapy operations planning and scheduling. *IIE Transactions on Healthcare Systems Engineering*, 2(1), 31-49.
- Turner, B. J. & Cuttler, L. (2011). The Complexity of Measuring Clinical Complexity. *Annals of Internal Medicine*, 155(12), 851-852.
- van Lent, W. A. M., Goedbloed, N. & van Harten, W. H. (2009). Improving the efficiency of a chemotherapy day unit: Applying a business approach to oncology. *European Journal of Cancer*, 45(5), 800-806.
- Weiss, K. B. (2007). Managing complexity in chronic care: An overview of the VA state-of-the-art (SOTA) conference. *Journal of General Internal Medicine*, 22(SUPPL. 3), 374-378.
- White, D. L., Froehle, C. M. & Klassen, K. J. (2011). The effect of integrated scheduling and capacity policies on clinical efficiency. *Production and Operations Management*, 20(3), 442-455.
- Wolff, J. L., Starfield, B. & Anderson, G. (2002). Prevalence, expenditures, and complications of multiple chronic conditions in the elderly. *Archives of Internal Medicine*, 162(20), 2269-2276.
- Yin, S., Yu, Y., Wu, J., Wang, D. & Chen, C. (2012). Efficient predictive model for hospital outpatient amount. *Journal of Convergence Information Technology*, 7(22), 400-407.
- Yokouchi, M., Aoki, S., Sang, H., Zhao, R. & Takakuwa, S. (2012). Operations analysis and appointment scheduling for an outpatient chemotherapy department. *Winter Simulation Conference*, <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84874682034&partnerID=40&md5=acd7615bba66d7c64c981eb13d2ba23f>, Article 6464990.
- Young, T. (2005). An agenda for healthcare and information simulation. *Health Care Management Science*, 8(3), 189-196.

ANNEXE 1
MATRICES DES PROTOCOLES DE CHIMIOTHÉRAPIE

Notes :

- Tous les temps sont en minutes
- L'accès veineux correspond à la distribution suivante :
DISC(0.25,NORM(5,0.5),0.26,NORM(20,2),0.34,UNIF(20,30),1,TRIA(5,7,15))

Protocole 1: Folfox 6 (ou 4 modifié)

Étape	Volume	Vitesse	Temps de traitement	Temps infirmier	Type d'inclusion	Probabilité complications
Accès veineux	-	-	-	*Voir légende	Inf	Moyen
Oxaliplatin + Leucovorin	500 mL	250 mL/h	120	TRIA(3,5,7)	Non	Faible
Rinçage	20 mL	200 mL/h	6	TRIA(0.5,1,2)	Non	Très faible
5 FU (bolus)	-	-	2	UNIF(2,4) + TRIA(1,2.5,4)	Inf	Très faible
Installation biberon	-	-	0	UNIF(10,15)	Inf	Très faible

Protocole 2: Topotécan

Étape	Volume	Vitesse	Temps de traitement	Temps infirmier	Type d'inclusion	Probabilité complications
Accès veineux	-	-	-	*Voir légende	Inf	Moyen
Topotécan	-	-	30	TRIA(3,5,7)	Non	Très faible
Rinçage	20 mL	200 mL/h	6	TRIA(0.5,1,2)	Non	Très faible

Protocole 3: Velcade

Étape	Volume	Vitesse	Temps de traitement	Temps infirmier	Type d'inclusion	Probabilité complications
Signes vitaux (PA+PLS)	-	-	-	TRIA(2,3,4)	Inf	Faible
Velcade (sous-cutané)	-	-	0,083	TRIA(1,2,5,6)	Inf	Faible
Attente	-	-	30	-	Non	Faible
Signes vitaux (PA+PLS)	-	-	-	TRIA(2,3,4)	Non	Très faible

Protocole 4: Taxotère Docétaxel

Étape	Vol.	Vitesse	Temps de traitement	Temps infirmier	Type d'inclusion	Probabilité Complic.
Accès veineux	-	-	-	*Voir légende	Inf	Moyen
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3,5,4,5,5,5)	Inf	Élevé
Taxotère (début)	-	-	15	TRIA(3,5,7)	Non	Élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3,5,4,5,5,5)	Oui	Élevé
Taxotère (suite)	-	-	15	-	Non	Élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3,5,4,5,5,5)	Oui	Élevé
Taxotère (suite)	-	-	15	-	Non	Élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3,5,4,5,5,5)	Oui	Élevé
Taxotère (suite)	-	-	15	-	Non	Élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3,5,4,5,5,5)	Oui	Élevé
Rinçage	60 mL	250 mL/h	15	TRIA(0,5,1,2)	Non	Très faible
Fin de traitement	-	-	-	TRIA(3,4,7)	Inf	Très faible

Protocole 5 : Folfiri

Étape	Vol.	Vitesse	Temps de traitement	Temps infirmier	Type d'inclusion	Probabilité complications
Accès veineux	-	-	-	*Voir légende	Inf	Moyen
Atropine* (S/C)	-	-	30	TRIA(1,2.5,6)	Non	Très faible
Irinotécan +Leucovorin**	-	-	120	TRIA(3,5,7)	Non	Faible
Rinçage	20 mL	333 mL/h	3,6	TRIA(0.5,1,2)	Non	Faible
5 FU (bolus)	-	-	2	2 + TRIA(1,2.5,4)	Oui	Faible
Rinçage	20 mL	250 mL/h	4,8	TRIA(0.5,1,2)	Non	Faible
Installation biberon	-	-	-	UNIF(10,15)	Inf	Très faible

Protocole 6 : Folfiri + Avastin

Étape	Vol.	Vitesse	Temps de traitement	Temps infirmier	Type d'inclusion	Probabilité complications
Accès veineux	-	-	-	*Voir légende	Inf	Moyen
Atropine* (S/C)	-	-	30	TRIA(1,2.5,6)	Non	Très faible
Irinotécan +Leucovorin**	-	-	2	TRIA(3,5,7)	Non	Faible
Rinçage	20 mL	333 mL/h	3,6	TRIA(0.5,1,2)	Non	Faible
5 FU (bolus)	-	-	2	2 + TRIA(1,2.5,4)	Inf	Faible
Rinçage	20 mL	250 mL/h	4,8	TRIA(0.5,1,2)	Non	Faible
Avastin	-	-	90	TRIA(3,5,7)	Non	Élevé
Rinçage	20 mL	250 mL/h	4,8	TRIA(0.5,1,2)	Non	Élevé
Installation biberon	-	-	-	UNIF(10,15)	Inf	Très faible

Protocole 7 : Gemcitabine (Gemzar)

Étape	Vol.	Vitesse	Temps de traitement	Temps infirmier	Type d'inclusion	Probabilité complications
Accès veineux	-	-	-	*Voir légende	Inf	Moyen
Gemzar	250 mL	500 mL/h	30	TRIA(3,5,7)		Faible
Rinçage	60 mL	500 mL/h	7,2	TRIA(0.5,1,2)	Non	Faible
Fin de traitement	-	-	-	TRIA(3,4,7)	Inf	Très faible

Protocole 8 : Carbo – Gemzar

Étape	Vol.	Vitesse	Temps de traitement	Temps infirmier	Type d'inclusion	Probabilité Complications
Accès veineux	-	-	-	*Voir légende	Inf	Moyen
Carboplatine	250 mL	250 mL/h	60	TRIA(3,5,7)	Non	Faible
Rinçage	20 mL	200 mL/h	6	TRIA(0.5,1,2)	Non	Faible
Gemzar	250 mL	500 mL/h	30	TRIA(3,5,7)	Non	Faible
Rinçage	60 mL	500 mL/h	7,2	TRIA(0.5,1,2)	Non	Faible
Fin de traitement	-	-	-	TRIA(3,4,7)	Inf	Très faible

Protocole 9 : Fludarabine

Étape	Vol.	Vitesse	Temps de traitement	Temps infirmier	Type d'inclusion	Probabilité complications
Accès veineux	-	-	-	*Voir légende	Inf	Moyen
Fludarabine	100 mL	250 mL/h	24	TRIA(3,5,7)	Non	Faible
Rinçage	20 mL	250 mL/h	4,8	TRIA(0.5,1,2)	Non	Faible
Fin de traitement	-	-	-	TRIA(3,4,7)	Inf	Très faible

Protocole 10 : Herceptin (1^{re} dose)

Étape	Vol.	Vitesse	Temps de traitement	Temps infirmier	Type d'inclusion	Probabilité complications
Accès veineux	-	-	-	*Voir légende	Inf	Moyen
Herceptin	250 mL	166 mL/h	90	TRIA(3,5,7)	Non	Élevé
Rinçage + observation	60 mL	166 mL/h	21,7	TRIA(0.5,1,2)	Non	Élevé
Observation (suite)			60	-	Non	Élevé
Fin de traitement	-	-	-	TRIA(3,4,7)	Inf	Très faible

Protocole 11 : Herceptin (2^e dose et plus)

Étape	Vol.	Vitesse	Temps de traitement	Temps infirmier	Type d'inclusion	Probabilité complications
Accès veineux	-	-	-	*Voir légende	Inf	Moyen
Herceptin	250 mL	500 mL/h	30	TRIA(3,5,7)	Non	Moyen
Rinçage + observation	60 mL	500 mL/h	7,2	TRIA(0.5,1,2)	Non	Moyen
Observation (suite)			30	-		Moyen
Fin de traitement	-	-	-	TRIA(3,4,7)	Inf	Très faible

Protocole 12 : AC

Étape	Vol.	Vitesse	Temps de traitement	Temps infirmier	Type d'inclusion	Probabilité complications
Accès veineux	-	-	-	*Voir légende	Inf	Moyen
Cyclophosphamid e	250 mL	250 mL/h	60	TRIA(3,5,7)	Non	Faible
Rinçage	20 mL	250 mL/h	4,8	TRIA(0.5,1,2)	Non	Faible
Doxorubicin (3-4 seringues)	250 mL	250 mL/h	60	DISC(0.5,3,1,4) * UNIF(2,3) + TRIA(1;2,5;4)	Non	Faible
Rinçage	20 mL	250 mL/h	4,8	TRIA(0.5,1,2)	Non	Faible
Fin de traitement	-	-	-	TRIA(3,4,7)	Inf	Très faible

Protocole 13 : Taxol

Étape	Vol.	Vitesse	Temps de traitement	Temps infirmier	Type d'inclusion	Probabilité complications
Accès veineux	-	-	-	*Voir légende	Inf	Moyen
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3.5,4.5,5.5)	Inf	Très faible
Taxol (début)	-	-	15	TRIA(3,5,7)	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3.5,4.5,5.5)	Oui	Très élevé
Taxol (suite)	-	-	15	-	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3.5,4.5,5.5)	Oui	Très élevé
Taxol (suite)	-	-	15	-	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3.5,4.5,5.5)	Oui	Très élevé
Taxol (suite)	-	-	15	-	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3.5,4.5,5.5)	Oui	Très élevé
Taxol (suite)	-	-	60	-	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3.5,4.5,5.5)	Oui	Très élevé
Taxol (suite)	-	-	30	-	Non	Très élevé
Taxol (suite) et Zofran +Décadron (oral)			30	TRIA(1,2,3)	Oui	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3.5,4.5,5.5)	Oui	Très élevé
Rinçage	60 mL	170 mL/h	21	TRIA(0.5,1,2)	Non	Très élevé
Fin de traitement	-	-	-	TRIA(3,4,7)	Inf	Très faible

Protocole 14 : CHOP-Rituxan

Étape	Vol.	Vitesse	Temps de traitement	Temps infirmier	Type d'incl	Prob. Complie.
Accès veineux	-	-	-	*Voir légende	Inf	Moyen
Donner Tylenol	-	-	-	TRIA(1,2,3)	Inf	Très élevé
Pré-chimio (oral)	-	-	30	TRIA(1,2,3)	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3,5,4,5,5,5)	Inf	Très faible
Rituxan (début)	4,9 mL	19,6 mL/h	15	TRIA(3,5,7)	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3,5,4,5,5,5)	Inf	Très faible
Rituxan (suite)	9,8 mL	39,2 mL/h	15	-	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3,5,4,5,5,5)	Inf	Très faible
Rituxan (suite)	14,7 mL	58,8 mL/h	15	-	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3,5,4,5,5,5)	Inf	Très faible
Rituxan (suite)	19,6 mL	78,4 mL/h	15	-	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3,5,4,5,5,5)	Inf	Très faible
Rituxan (suite)	49 mL	98 mL/h	30	-	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3,5,4,5,5,5)	Inf	Très faible
Rituxan (suite)	58,8 mL	117,6 mL/h	30	-	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3,5,4,5,5,5)	Inf	Très faible
Rituxan (suite)	68,65 mL	137,3 mL/h	30	-	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3,5,4,5,5,5)	Inf	Très faible
Rituxan (suite)	73,55 mL	156,8 mL/h	28,1	-	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3,5,4,5,5,5)	Inf	Très faible
Rinçage	20 mL	250 mL/h	4,8	TRIA(0,5,1,2)	Non	Très élevé
Cyclophosphamide	100 mL	300 mL/h	20	TRIA(3,5,7)	Non	Faible
Rinçage	20 mL	300 mL/h	4	TRIA(0,5,1,2)	Non	Faible
Vincristine	50 mL	300 mL/h	10	TRIA(3,5,7)	Non	
Rinçage	20 mL	300 mL/h	4	TRIA(0,5,1,2)	Non	
Doxorubicine (bolus)	-	-	-	DISC(0,5,3,1,4)		
				* UNIF(2,3) + TRIA(1,2,5,4)	Inf	Faible
Rinçage	60 mL	300 mL/h	12	TRIA(0,5,1,2)	Non	Faible
Fin de traitement	-	-	-	TRIA(3,4,7)	Inf	Très faible

1,7 m² de surface corporelle (637,5 mg dans 250 mL = concentration 2,55 mg/mL)

Protocole 15 : 5-Fluorouracil (de Gramont modifié)

Étape	Volum e	Vitess e	Temps de traitemen t	Temps infirmière	Type d'inclusio n	Probabilité complications
Accès veineux	-	-	-	*Voir légende	Inf	Moyen
Leucovorin	500 mL	250 mL/h	120	TRIA(3,5,7)	Non	Faible
Rinçage	20 mL	200 mL/h	6	TRIA(0.5,1,2)	Non	Très faible
5 FU (bolus)	-	-	2	UNIF(2,4)+ TRIA(1,2,5,4)	Inf	Très faible
Installation biberon	-	-	-	UNIF(10,15)	Inf	Très faible

Protocole 16 : RITUXAN – Lent

Étape	Vol.	Vitesse	Temps de trait.	Temps infirmier	Type d'incl.	Probabilité complications
Accès veineux	-	-	-	*Voir légende	Inf	Moyen
Donner Tylenol	-	-	-	TRIA(1,2,3)	Inf	Très élevé
Pré-chimio (oral)	-	-	30	TRIA(1,2,3)	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3.5,4.5,5.5)	Inf	Très faible
Rituxan (début)	4,9 mL	19,6 mL/h	15	TRIA(3,5,7)	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3.5,4.5,5.5)	Inf	Très faible
Rituxan (suite)	9,8 mL	39,2 mL/h	15	-	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3.5,4.5,5.5)	Inf	Très faible
Rituxan (suite)	14,7 mL	58,8 mL/h	15	-	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3.5,4.5,5.5)	Inf	Très faible
Rituxan (suite)	19,6 mL	78,4 mL/h	15	-	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3.5,4.5,5.5)	Inf	Très faible
Rituxan (suite)	49 mL	98 mL/h	30	-	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3.5,4.5,5.5)	Inf	Très faible
Rituxan (suite)	58,8 mL	117,6 mL/h	30	-	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3.5,4.5,5.5)	Inf	Très faible
Rituxan (suite)	68,6 5 mL	137,3 mL/h	30	-	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3.5,4.5,5.5)	Inf	Très faible

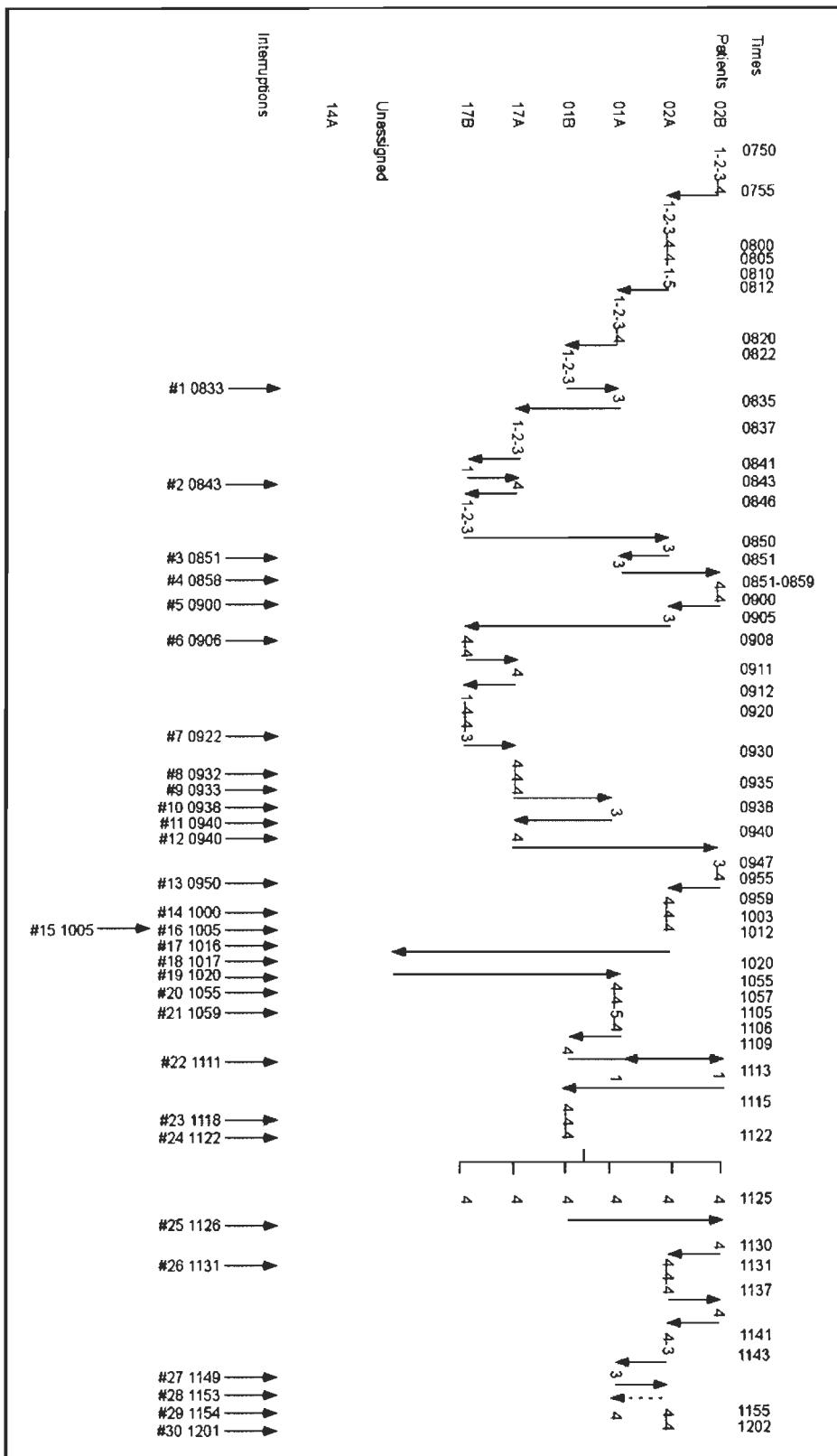
RITUXAN – LENT (suite)

Étape	Volum e	Vitess e	Temps de traitemen t	Temps infirmier	Type d'inclusio n	Probabilité complications
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3.5,4.5,5.5)	Inf	Très faible
Rinçage	20 mL	250 mL/h	4,8	-	Non	Très élevé
Fin de traitement	-	-	-	TRIA(3,4,7)	Inf	Très faible

Protocole 17 : RITUXAN – Rapide

Étape	Vol.	Vitesse	Temps de traitement	Temps infirmier	Type d'incl.	Prob. Complie.
Accès veineux	-	-	-	*Voir légende	Inf	Moyen
Donner Tylenol	-	-	-	TRIA(1,2,3)	Inf	Très élevé
Pré-chimio (seringue)	0.8 mL	1 mL/min	30	0.8 + TRIA(1,2,5,4)	Non	Très élevé
Rinçage	20 mL	300 mL/h	6	TRIA(0.5,1,2)	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3.5,4.5,5.5)	Inf	Très faible
Rituxan (début)	25 mL	100 mL/h	15	TRIA(3,5,7)	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3.5,4.5,5.5)	Inf	Très faible
Rituxan (suite)	25 mL	200 mL/h	15	-	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3.5,4.5,5.5)	Inf	Très faible
Rituxan (suite)	100 mL	200 mL/h	30	-	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3.5,4.5,5.5)	Inf	Très faible
Rituxan (suite)	100 mL	200 mL/h	30	-	Non	Très élevé
Signes vitaux (PA+PLS+R+T)	-	-	-	TRIA(3.5,4.5,5.5)	Inf	Très faible
Rinçage	20 mL	200 mL/h	6	TRIA(0.5,1,2)	Non	Très élevé
Fin de traitement	-	-	-	TRIA(3,4,7)	Inf	Très faible

ANNEXE 2
EXEMPLE DE GRAPHIQUE DE CHARGE COGNITIVE



ANNEXE 3
MESURES SUBJECTIVES DE LA CHARGE DE TRAVAIL
(NASA-TLX ET SWAT)

NASA-TLX

ÉCHELLES

PONDÉRATIONS

1- Exigence Mentale



2- Exigence physique



3- Exigence temporelle



4- Performance



5- Effort



6- Frustration



Frustration ou Effort	Demande physique ou Frustration
Performance ou Demande mentale	Performance ou Frustration
Performance ou Demande temporelle	Demande physique ou Demande Temporelle
Demande mentale ou Effort	Demande physique ou Performance
Demande mentale ou Demande physique	Demande temporelle ou Demande Mentale
Effort ou Demande physique	Demande temporelle ou Effort
Frustration ou Demande mentale	Demande temporelle ou Frustration
Effort ou Performance	

SWAT

Charge temporelle

1. Beaucoup de temps morts. Peu ou pas du tout d'interruptions ou de chevauchement des activités.
2. Des temps morts occasionnels. De fréquentes interruptions ou chevauchements des activités.
3. Presque jamais de temps morts. Les interruptions ou chevauchements des activités sont fréquents ou arrivent continuellement.

Charge d'effort mental

1. Un très petit effort mental, conscient et nécessaire. L'activité est presque automatique, nécessitant peu ou pas d'attention.
2. Un effort mental conscient et modéré est nécessaire. La complexité de l'activité est modérément élevée en raison de son caractère incertain, imprévisible ou peu familier. Une attention considérable est nécessaire.
3. Un énorme effort mental et de concentration est nécessaire. Activité très complexe nécessitant une attention totale.

Charge de stress psychologique

1. Petite confusion, risque, frustration ou anxiété qui peuvent être facilement maîtrisés.
2. Stress modéré dû à la confusion, la frustration ou l'anxiété qui s'ajoute de façon notable à la charge de travail. Une compensation significative est nécessaire pour maintenir la performance adéquate.
3. Stress élevé à très intense dû à la confusion, la frustration ou l'anxiété. Une détermination élevée ou extrême et un sang-froid important sont nécessaires.

ANNEXE 4
PARAMÈTRES DU MODÈLE DE SIMULATION

Liste des variables sous Arena

Tableau 1: Variables utilisées pour la logique du modèle

Nom	Fonction	Valeur
vPatients	Fournit l'information sur chaque patient : 1) Le protocole prescrit 2) L'heure d'arrivée	Nombre entre 1 et 17 (note : Il y a 17 protocoles issus du Pareto) Nombre de minutes depuis minuit (temps de référence)
NoPatient	Donne le numéro du patient. Incrément utile pour la lecture dans la matrice des patients (vPatients)	1 à 4
vActivationStats	Active ou désactive l'enregistrement des statistiques horaires lors des réplications	1 pour activer 0 pour désactiver
vNbFauteuils	Détermine le nombre de fauteuils disponibles	4 (par défaut)
vTempsEntreDepart	Détermine le temps entre le départ de 2 patients.	Par défaut, 15 minutes.
vUtiliservPatient	Sélectionne le mode de création des entités	1 pour la validation de l'hypothèse 2 0 pour la validation des hypothèses 3 et 4
HreDepartInstantane		
vNbInf	Détermine le nombre d'infirmières	1 (par défaut)
vProtocoleEtudie	Donne le protocole de traitement du patient.	1 à 17 (selon la matrice des protocoles eTraitements)
vNbProtocoles	Donne le nombre de protocoles étudiés (nombre de patients)	1 à 4
eTraitements (Expression)	Donne la composition des protocoles (suite de temps infirmier, temps traitement, Type d'inclusionion, probabilité de complications)	Selon les protocoles de chimiothérapie.

Liste des attributs sous Arena

Tableau 2: Attributs utilisés pour la logique du modèle

Nom	Fonction
aProcessTime	Conserve le temps infirmier pour chaque étape du protocole.
aDelayTime	Conserve le temps de traitement pour chaque étape du protocole.
aStep	Conserve l'étape en cours. L'attribut est incrémenté à chaque étape.
aTreatment	Donne le protocole de traitement du patient.
aHreArrivee	Donne l'heure d'arrivée du patient dans la salle de traitement.
aTempsEntree	Donne le temps entre la création de l'entité et son entrée dans la salle de traitement.
aComplications	Valeur à 1 si l'étape a une complication, sinon 0.
aTypeType d'inclusionion	Conserve le type d>Type d'inclusionion du temps infirmier dans le temps de traitement.
aBatchComplications	Conserve le nombre d'entités à mettre en lot. Utile pour lier une complication à l'étape associée.
aTempComplication	Donne le temps de traitement associé à la complication. Concerne seulement le temps de l'infirmière.
aAttenteAvantComplication	Donne le temps entre le début du traitement et le début de la complication.
aPrioriteComplication	Conserve la priorité de l'étape. Une complication a une priorité plus grande qu'une étape.

Variables indépendantes du modèle de simulation

Tableau 3: Variables indépendantes

Description	Valeur	Utilisé pour le test des hypothèses
Nombre de patients simulés	1 à 4	Oui
Protocoles étudiés	1 à 17	Oui
Nombre de jours simulés	1 jour	Non
Nombre d'heures par jour	24 h	Non
Nombre d'infirmières	1	Non
Nombre de fauteuils	1 à 4	Non

Variables dépendantes du modèle de simulation

Tableau 4: Variables dépendantes du modèle de simulation

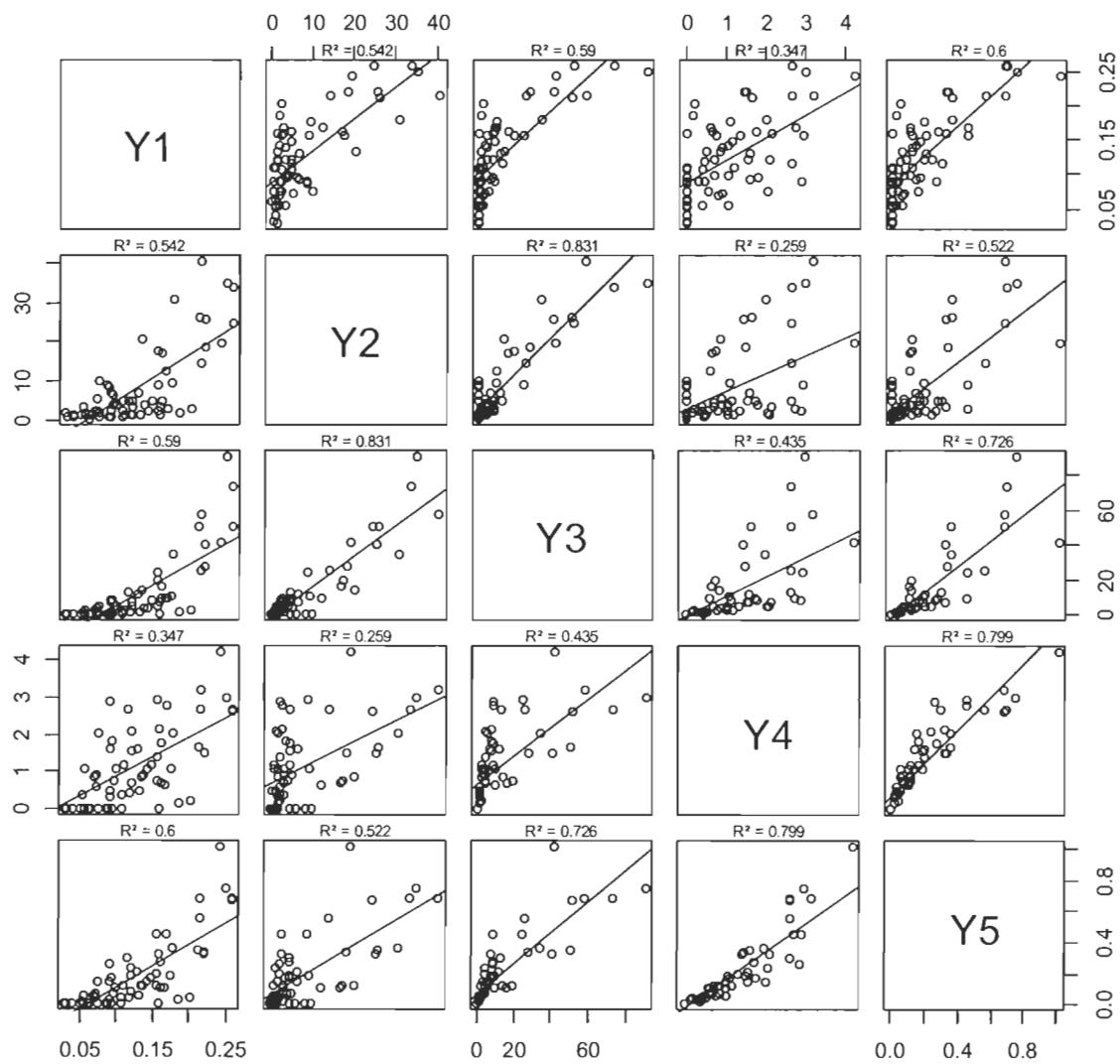
Variables dépendantes (facteurs contribuant à la charge de travail)
Le nombre de tâches par unité de temps
Le nombre de complications dans l'ensemble du traitement.
Le nombre moyen d'éléments que l'infirmière doit traiter simultanément
Le temps moyen d'attente des tâches en suspens
Le nombre de tâches qui doivent être exécutées en même temps par unité de temps

ANNEXE 5
DÉTERMINATION DU TEMPS REQUIS POUR LES TÂCHES INFIRMIÈRES

Tableau 5: Variables dépendantes du modèle de simulation

Tâche	Description	Min	Moy	Max	Temp s (min)
Administration S/C (Velcade, Atropine)	1- Rassembler le matériel (disponible sur un chariot près du patient) 2- Faire l'administration S/C 3- Terminer l'intervention (jeter les déchets, aller reporter des équipements, etc.)	1 min	2,5 min	6 min	TRIA(1 ;2,5;6)
Bolus (5FU)	1- Rassembler le matériel (disponible sur un chariot près du patient) 2- Faire le bolus 3- Terminer l'intervention (jeter les déchets, aller reporter des équipements, etc.)	1 min	2,5 min	4 min	TRIA(1 ;2,5;4)
Fin de traitement de chimiothérapie	1- Arrêter la pompe (fin du rinçage) 2- Déconnecter la tubulure 3- Jeter les déchets 4- Reporter les feuilles du fauteuil vers le dossier du patient	3 min	4 min	7 min	TRIA(3 ;4;7)
Installation biberon	1- Rassembler le matériel (disponible sur un chariot près du patient) 2- Installer le biberon	10 min	-	15 min	UNIF(1 0;15)
Installer poche de traitement	1- Rassembler le matériel (disponible sur un chariot près du patient) 2- Accrocher la poche de traitement sur la pompe 3- Connecter la poche de traitement 3- Programmer la pompe	3 min	5 min	7 min	TRIA(3 ;5;7)
Installer poche de traitement (2 poches + installer un Y)	1- Rassembler le matériel (disponible sur un chariot près du patient) 2- Accrocher les 2 poches de traitement sur la pompe 3- Connecter les poches de traitement avec un Y 3- Programmer la pompe	-	3 min	5 min	TRIA(3 ;5;7)
Prendre les signes vitaux (PA+PLS)	Tout le matériel nécessaire est à portée de main pour: 1- Pression artérielle 2- Pulsations cardiaques	2 min	3 min	4 min	TRIA(2 ;3;4)
Prendre les signes vitaux (PA+PLS+R+T)	Tout le matériel nécessaire est à portée de main pour: 1- Pression artérielle 2- Pulsations cardiaques 3- Respiration 4- Température	3,5 min	4,5 min	5,5 min	TRIA(3 ,5;4,5; 5,5)
Préparer un rinçage	1- Arrêter le traitement 2- Installer le soluté 3- Démarrer la pompe	0,5 min	1 min	2 min	TRIA(0 ,5;1;2)
Donner médication (Tylenol, Decadron, pré-chimio)	1- Sortir la médication (dans la même pièce que l'infirmière) 2- Offrir un verre d'eau au patient 3- Donner la médication au patient	1 min	2 min	3 min	TRIA(1 ;2;3)

ANNEXE 6
CORRÉLATIONS ENTRE LES VARIABLES Y



ANNEXE 7
RÉSULTATS DES TESTS DE NEWMAN-KEULS

TEST NEWMAN-KEULS POUR Y1

Groupes	R:P	Moyenne
a	04:17	0.2582
a	04:16	0.2582
b	04:14	0.2489
c	04:04	0.2417
d	03:17	0.2209
d	03:16	0.2197
e	03:04	0.2147
e	04:13	0.2141
f	03:14	0.2115
g	04:03	0.203
h	03:03	0.1843
i	03:13	0.1786
j	02:04	0.1751
k	04:09	0.169
k	02:17	0.1668
l	02:16	0.1618
l	04:11	0.1607
lm	02:03	0.1588
lm	04:07	0.1584
m	03:09	0.1569
m	02:14	0.1567
m	04:06	0.1557
n	04:08	0.1471
o	03:07	0.142
p	03:11	0.1374
q	02:13	0.134
q	02:09	0.1327
r	03:06	0.1298
s	04:12	0.1218
s	04:02	0.1212
s	03:08	0.1212
t	02:07	0.1172
u	04:05	0.1145
v	03:02	0.1094

v	01:03	0.1085
v	01:04	0.1082
v	02:11	0.1065
w	03:12	0.09946
w	02:06	0.09753
x	01:17	0.09466
x	03:05	0.09442
xy	04:10	0.09266
yz	02:02	0.09071
yz	02:08	0.09059
yz	04:01	0.09036
yz	04:15	0.09036
yz	01:16	0.09012
yz	01:09	0.08981
z	01:14	0.08676
A	01:07	0.07641
A	01:13	0.07525
A	03:01	0.07494
A	03:15	0.07494
A	02:12	0.07382
A	03:10	0.07362
B	02:05	0.06912
C	01:11	0.06345
D	01:02	0.06066
E	02:01	0.05632
E	02:15	0.05632
E	01:06	0.0558
EF	02:10	0.05367
F	01:08	0.05175
G	01:12	0.04166
G	01:05	0.03919
H	01:01	0.03214
H	01:15	0.03214
H	01:10	0.02946

TEST NEWMAN-KEULS POUR Y2

Groupes	R:P	Moyenne
a	04:13	40.63
b	04:14	34.99
c	04:16	33.75
d	03:13	30.91
e	03:14	26.42
f	03:16	25.64
g	04:17	24.71
h	02:13	20.74
i	04:04	19.79
j	03:17	18.43
k	02:14	17.84
l	02:16	17.25
m	03:04	14.44
n	02:17	12.4
o	01:13	9.94
o	02:04	9.66
p	04:06	9.01
p	01:14	8.8
p	01:16	8.76
q	04:10	7.05
qr	03:06	6.77
r	01:17	6.34
s	03:10	5.28
st	04:05	5.03
st	04:11	5.00
st	04:08	4.92
st	04:12	4.84
st	01:04	4.82
t	02:06	4.44
u	03:05	3.77
u	03:11	3.73
u	03:12	3.69
u	02:10	3.58
u	03:08	3.49

uv	04:07	3.2
uvw	04:09	3.1
vwx	04:03	2.68
vwx	04:01	2.57
vwx	04:15	2.57
wxy	02:11	2.46
wxy	02:12	2.42
wxyz	03:09	2.38
xyz	03:07	2.31
xyz	02:05	2.27
xyzA	02:08	2.18
xyzA	01:06	2.15
xyzAB	03:03	1.97
xyzAB	03:01	1.96
xyzAB	03:15	1.96
yzAB	01:10	1.71
zABC	04:02	1.59
ABCD	02:09	1.46
ABCD	02:07	1.44
ABCD	02:03	1.41
BCD	02:01	1.32
BCD	02:15	1.32
BCD	03:02	1.3
BCD	01:12	1.28
BCDE	01:08	1.21
BCDE	01:11	1.2
BCDE	01:05	1.14
CDE	01:07	0.85
CDE	01:09	0.85
CDE	02:02	0.75
DE	01:03	0.69
DE	01:01	0.66
DE	01:15	0.66
E	01:02	0.41

TEST NEWMAN-KEULS POUR Y3

Groupes	R:P	Moyenne
a	04:14	90.72
b	04:16	73.03
c	04:13	57.94
d	04:17	50.85
d	03:14	50.6
e	04:04	41.73
f	03:16	40.49
g	03:13	34.57
h	03:17	27.62
i	03:04	25.37
j	04:06	24.03
k	02:14	19.63
l	02:16	15.72
m	02:13	13.62
m	04:05	13.23
n	03:06	11.87
o	02:04	9.98
o	02:17	9.71
p	04:09	8.7
p	04:11	8.67
p	04:01	8.55
p	04:15	8.55
pq	04:08	8.17
pqr	03:05	7.73
qr	04:12	7.26
qr	04:07	7.17
r	04:10	6.75
s	03:01	5.02
s	03:15	5.02
st	02:06	4.51
st	03:09	4.44
st	04:02	4.25
st	03:12	4.1
st	03:08	4.1

st	03:11	3.98
t	03:10	3.43
t	03:07	3.32
u	02:05	2.49
uv	03:02	2.22
uv	02:01	2.13
uv	02:15	2.13
uv	04:03	2.06
uvw	02:12	1.59
uvw	02:08	1.56
uvw	02:11	1.34
uvw	02:09	1.27
vw	02:10	1.18
vw	02:07	1.17
vw	03:03	1.13
wx	02:02	0.64
x	02:03	0.09
x	01:01	0
x	01:10	0
x	01:11	0
x	01:12	0
x	01:13	0
x	01:14	0
x	01:15	0
x	01:16	0
x	01:17	0
x	01:02	0
x	01:03	0
x	01:04	0
x	01:05	0
x	01:06	0
x	01:07	0
x	01:08	0
x	01:09	0

TEST NEWMAN-KEULS POUR Y4

Groupes	R:P	Moyenne
a	04:04	4.211
b	04:13	3.188
bc	04:14	3.003
bc	04:06	2.941
bc	04:01	2.904
bc	04:15	2.904
c	04:09	2.766
c	04:05	2.673
c	04:16	2.666
c	03:04	2.649
c	04:17	2.625
d	04:07	2.151
de	04:02	2.099
de	03:01	2.044
de	03:15	2.044
de	03:13	2.018
def	03:05	1.809
efg	04:11	1.742
fg	03:14	1.668
fg	03:06	1.619
fg	04:10	1.601
fg	04:12	1.567
fg	03:17	1.523
fghi	03:16	1.474
ghij	03:09	1.379
hijk	03:02	1.207
ijk	04:08	1.169
jk	02:04	1.101
jk	02:01	1.084
jk	02:15	1.084
jk	03:07	1.078
jk	03:12	1.051
klm	03:11	0.9386
klm	03:10	0.9372

klmn	02:13	0.8514
klmn	02:05	0.8355
lmno	02:14	0.7519
lmno	02:06	0.7403
lmnop	03:08	0.7074
lmnop	02:16	0.6845
mnop	02:17	0.6394
mnopq	02:12	0.5698
nopqr	02:09	0.4963
nopqr	02:02	0.4679
nopqr	02:07	0.4509
opqr	02:11	0.4048
opqr	02:10	0.4019
pqrs	02:08	0.3254
qrs	04:03	0.2219
rs	03:03	0.1587
s	02:03	0.00956
s	01:01	0
s	01:10	0
s	01:11	0
s	01:12	0
s	01:13	0
s	01:14	0
s	01:15	0
s	01:16	0
s	01:17	0
s	01:02	0
s	01:03	0
s	01:04	0
s	01:05	0
s	01:06	0
s	01:07	0
s	01:08	0
s	01:09	0

TEST NEWMAN-KEULS POUR Y5

Groupes	R:P	Moyenne
a	04:04	1.008
b	04:14	0.7445
c	04:16	0.6841
c	04:13	0.6795
c	04:17	0.6722
d	03:04	0.5565
e	04:06	0.4509
e	04:09	0.4449
f	03:13	0.3579
fg	03:14	0.3507
fgh	03:17	0.3326
gh	03:16	0.321
gh	04:07	0.3195
h	04:05	0.3011
i	04:11	0.2675
i	04:01	0.2566
i	04:15	0.2566
ij	04:02	0.2336
jk	03:06	0.2066
kl	03:09	0.1971
klm	02:04	0.1871
klm	04:12	0.1841
lmn	03:05	0.1681
lmn	04:08	0.1652
mno	03:01	0.1499
mno	03:15	0.1499
nop	04:10	0.1434
nop	03:07	0.1389
opq	03:11	0.1207
opq	03:02	0.1186
opq	02:14	0.1165
opq	02:13	0.1129
opq	02:16	0.1094
pqr	02:17	0.1056

pqrs	03:12	0.1014
qrst	03:08	0.08186
rstu	02:06	0.07094
stu	03:10	0.06664
tuv	02:01	0.06007
tuv	02:15	0.06007
tuv	02:09	0.05679
tuv	02:05	0.05621
tuv	02:07	0.04758
tuv	04:03	0.04403
tuvw	02:12	0.04095
tuvw	02:11	0.04046
uvw	02:02	0.03582
uvw	02:08	0.02837
uvw	03:03	0.02818
vw	02:10	0.02091
w	02:03	0.001535
w	01:01	0
w	01:10	0
w	01:11	0
w	01:12	0
w	01:13	0
w	01:14	0
w	01:15	0
w	01:16	0
w	01:17	0
w	01:02	0
w	01:03	0
w	01:04	0
w	01:05	0
w	01:06	0
w	01:07	0
w	01:08	0
w	01:09	0