



**Fonctionnement des équipes de réponse d'urgence  
Examen de la dynamique d'un modèle d'efficacité**

**Thèse**

**Geneviève Dubé**

**Doctorat en psychologie**  
Philosophiae doctor (Ph.D)

Québec, Canada

© Geneviève Dubé, 2015



## RÉSUMÉ

Le travail d'équipe est au cœur de la gestion de crise. Toutefois, la complexité des situations de crise compliquent le travail d'équipe et augmentent le risque d'erreur. Une meilleure compréhension des processus d'équipe et de leur interrelation est essentielle pour comprendre les facteurs influençant la performance des équipes. La modélisation de la performance est primordiale afin d'éviter des erreurs lourdes de conséquences. Plusieurs modèles ont été proposés dans la littérature afin d'expliquer la performance des équipes. Le modèle des fonctions de régulation de Rousseau, Aubé et Savoie (2006) propose une interaction dynamique des processus d'équipe les plus fréquemment associés à la performance. L'objectif de la thèse est de valider empiriquement le modèle théorique de Rousseau et al. (2006). Plus précisément, la thèse vise à (1) déterminer la contribution relative de chaque fonction de régulation et son lien avec la performance des équipes de gestion de crise, (2) valider l'aspect séquentiel des fonctions de régulation et (3) vérifier l'impact de la structure d'équipe sur le modèle des fonctions de régulation. Toutefois la recherche en gestion de crise n'est pas simple. La thèse propose un protocole de recherche qui combine l'utilisation de simulations fonctionnelles, de mesures objectives de la performance, et de l'analyse du contenu des communications. Cette combinaison offre un équilibre entre la validité écologique et le contrôle expérimental afin d'évaluer de façon concrète les comportements d'équipe dans un environnement sécuritaire, contrôlé et reproductible. Les métriques utilisées pour évaluer la performance et les fonctions de régulation sont objectives et non invasives. La thèse a permis de valider en partie le modèle des fonctions de régulation. Les résultats montrent que certaines fonctions de régulation sont associées à la performance des équipes de gestion de crise, et que les équipes utilisent les fonctions de régulation de façon séquentielle. Toutefois, l'utilisation des fonctions en suivant la séquence prédite par le modèle n'est pas associée à une meilleure performance des équipes de gestion de crise. D'autres avenues, comme le synchronisme, doivent être abordées afin de bonifier le modèle des fonctions de régulation et comprendre les déterminants de la performance des équipes de gestion de crise.



## TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ .....	III
TABLE DES MATIÈRES .....	V
LISTE DES TABLEAUX .....	IX
LISTE DES FIGURES.....	XI
REMERCIEMENTS.....	XIII
AVANT-PROPOS .....	XV
CHAPITRE I .....	1
Situations de crises .....	5
Sécurité Civile .....	8
Unité des soins intensifs.....	9
Travail d'équipe.....	12
Déterminants de la performance des équipes .....	13
Modèles d'efficacité du travail d'équipe .....	18
Questions de recherche, objectifs et hypothèses .....	26
Division des chapitres.....	30
CHAPITRE II.....	31
Functional Simulations of CM .....	33
What is a Microworld? .....	35
The C <sup>3</sup> Fire Microworld to Study CM in Homeland Security .....	37
High Fidelity Simulation of ICU .....	44
Measures and Analyses of Teamwork .....	50
Communiacion Analysis .....	51
Sequential Analysis.....	58
Analysis of the C <sup>3</sup> Fire Simulation .....	60
Analysis of the Apprentiss Simulation.....	65
Summary .....	74
CHAPITRE III .....	77
Teamwork .....	84
The Regulation Functions Model.....	88
Present Study .....	91
Objectives and hypotheses .....	91
The C <sup>3</sup> Fire microworld .....	92
Method.....	94
Participants .....	94
Procedure .....	94
Scenarios.....	95

Analysis .....	98
Results .....	101
Performance .....	101
Regulation Functions Frequency .....	102
Sequential Analysis .....	105
Discussion.....	113
Conclusion .....	118
References .....	119
<b>CHAPITRE IV .....</b>	<b>127</b>
Travail d'équipe et cognition .....	131
Les erreurs médicales aux soins intensifs .....	133
Le modèle des fonctions de régulation .....	134
Présente étude.....	137
Objectifs et hypothèses .....	137
Analyse des fonctions de régulation .....	137
Analyse de la performance .....	140
Méthode .....	141
Participants.....	142
Lieux physiques et matériel.....	142
Procédure.....	143
Scénario.....	144
Résultats.....	145
Performance .....	146
Fonctions de régulation .....	146
Discussion.....	150
Conclusion .....	156
<b>CHAPITRE V .....</b>	<b>159</b>
Rappel des principaux résultats .....	161
Contributions théoriques.....	163
Contribution relative de chaque fonction .....	163
Séquentialité du modèle des fonctions de régulation .....	173
Validation du modèle des fonctions de régulation .....	176
Contributions méthodologiques.....	177
Implications pratiques .....	178
Formation et entraînement .....	179
Développement d'outils .....	184
Limites.....	185
Nombre d'observations .....	185
Mesure de la performance de l'étude 2.....	185
Analyse de communications .....	187

<b>Limites particulières à l'étude 1</b> .....	<b>189</b>
<b>Limites particulières à l'étude 2</b> .....	<b>190</b>
<b>Travaux futurs</b> .....	<b>191</b>
<b>Synchronisme</b> .....	<b>192</b>
<b>Les systèmes multiéquipes</b> .....	<b>193</b>
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE</b> .....	<b>195</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>199</b>
<b>ANNEXE A</b> .....	<b>233</b>
<b>ANNEXE B</b> .....	<b>235</b>
<b>ANNEXE C</b> .....	<b>239</b>



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.....	7
Tableau 2.....	40
Tableau 3.....	42
Tableau 4.....	43
Tableau 5.....	49
Tableau 6.....	49
Tableau 7.....	54
Tableau 8.....	71
Tableau 9.....	139
Tableau 10.....	141
Tableau 11.....	146
Tableau 12.....	148
Tableau 13.....	149



## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Poste de commandement traditionnel du SGI (image extraite du Firescope 2007).....	9
Figure 2. Représentation d’une équipe d’intervention primaire en soins intensifs .....	11
Figure 3. Algorithme de traitement d’un arrêt cardiaque chez l’adulte (extrait de l’ACLS) .....	12
Figure 4. Système IPO. ....	20
Figure 5. Le modèle de la performance des équipes de développement de produit. Inspirée de Sivasubramaniam et al. (2012).....	21
Figure 6. Modèle des phases récurrentes (tiré de Marks et al., 2001).....	23
Figure 7. Modèle des fonctions de régulations de Rousseau et al. (2006). ....	24
Figure 8. Inclusion des processus d’équipes fondamentaux à la gestion de crise au sein du modèle des fonctions de régulation. ....	26
Figure 9. Distribution des hypothèses entre les deux études.....	30
Figure 10. Functional team structure.....	41
Figure 11. Cross-Functional team structure. ....	41
Figure 12. Interface of the participants. ....	42
Figure 13. ICU simulation at the Apprentiss Center. ....	46
Figure 14. Apprentiss' experimental design. ....	47
Figure 15. Screen capture of the Excel Canvas including pre-established discussion timestamps.....	64
Figure 16. Screen capture of the Observer XT behavioural analysis software as used for the content analysis of communication. ....	68
Figure 17. Conceptualization of the performance index. ....	70
Figure 18. Example of the analysis guideline for choc and compression needed. ....	73
Figure 19. Integration of the codes in the performance index formula. ....	73
Figure 20. The Observer XT is used to analyze behavioural data. The cardiac monitor and the video recording of the simulation can be visualized simultaneously. ....	74
Figure 21. Équipe typique de réanimation en soins intensifs.....	133
Figure 22. Modèle des fonctions de régulations de Rousseau et al. (2006). ....	136
Figure 23. Séquence des fonctions de régulation proposée par le modèle de Rousseau et al. (2006). ....	136
Figure 24. Le logiciel Observer XT tel qu’utilisé pour analyser la performance des équipes de réanimation en soins intensifs. ....	141
Figure 25. Cadre expérimental d’Apprentiss. ....	142
Figure 26. Déroulement typique de l’expérimentation. Les participants se présentent pour une première journée de formation incluant une séance de familiarisation et trois scénarios tests. L’équipe revient au laboratoire trois mois plus tard pour un dernier scénario test. ....	144
Figure 27. Proportion des communications allouée à chacune des quatre fonctions de régulation.....	147
Figure 28. Probabilités de transition d’une fonction de régulation à l’autre. ....	149
Figure 29. Séquence de fonctions de régulation la plus probable selon les probabilités de transition.....	151



## REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier mon directeur de thèse : Sébastien Tremblay. Merci de m'avoir appris les rudiments de la recherche scientifique. Merci pour ton soutien constant, ton temps et ta confiance. Grâce à toi, je suis plus confiante et plus forte. Je te remercie aussi pour toutes les opportunités que tu m'as offertes au cours de ma formation.

Je désire également remercier les deux membres de mon comité de thèse, Vincent Rousseau et Robert Rousseau, qui m'ont suivie tout au long de mes études doctorales. Merci pour votre dynamisme, vos commentaires et le partage de vos connaissances.

Je tiens à remercier les membres du laboratoire Co-DOT. Notamment, un immense merci à Daniel Lafond, qui m'a partagé l'amour de la recherche. Ton enthousiasme contagieux a fait de moi une meilleure chercheuse. Un merci tout particulier à François Vachon. Je ne peux énumérer tout ce que tu m'as appris et apporté au cours des cinq dernières années. Patrick Jeuniaux, mille fois merci pour ton aide avec les analyses de séquence, je n'y serais pas arrivé sans ton aide et tes conseils. Isabelle Turcotte, merci mille fois pour ton immense contribution à l'article empirique.

Un grand merci à mes amis pour leur support, leur optimisme, leur compréhension et encouragements constants tout au long de mon parcours. À Angèle, pour ta présence, et pour l'hébergement tant apprécié! À Agathe, pour ton support moral inestimable. Toutes les deux, votre amitié m'est très précieuse.

Merci également à mes collègues du laboratoire Co-DOT, plus particulièrement: Annabelle Saint-Jean Lepage, Alexandre Labrecque, David-Emanuel Hatier, Karina Côté, Isabelle Turcotte et Alexandre Chatigny. Merci pour toute l'aide apportée pour l'expérimentation et l'analyse des communications. Votre aide m'a été très précieuse. Jean-François Gagnon et Benoît Roberge-Vallières, merci pour le partage de connaissances, le soutien mutuel, et tous les services rendus.

Je tiens à souligner les organismes boursiers qui m'ont soutenue financièrement pendant mes études supérieures, ce qui m'a permis de me consacrer à temps plein à mon doctorat : le FQRNT (2009-2010, 2010-2012), le CRSNG (2010-2012), et Thales Canada (2010-2012). Merci à Simon Banbury pour tout ce que tu m'as transmis au cours de mon stage BMP.

Merci à mes parents Jocelyn Dubé et Manon Noël, qui ont toujours été là pour moi. Vous avez su me transmettre l'importance du travail bien fait et de la persévérance. Pour m'avoir transmis ces valeurs, mais surtout pour m'avoir poussée quand j'avais envie d'abandonner, Merci! Vous êtes des parents exceptionnels. Un merci tout spécial aussi à mon cousin Benoit Lévesque. Tu es un frère pour moi, et je suis choyée de t'avoir dans ma vie.

Finalement, un merci tout particulier à Ahmad Hassan. Merci... pour tout. Ta présence, ta confiance en moi inébranlable, ta patience infinie... Merci de m'avoir consolée, supportée, et poussée quand j'en avais besoin. Et pour tout le reste que j'oublie. Sans toi, ce projet n'aurait pas été possible. Je ne saurai jamais assez te remercier.

## AVANT-PROPOS

Cette thèse comprend un chapitre méthodologique (Chapitre II) et un article de nature empirique (Chapitre III) rédigés en anglais. Les autres chapitres sont rédigés en français et comprennent une introduction générale (Chapitre I) qui fait le point sur l'état des connaissances, un chapitre de nature empirique (Chapitre IV) et une discussion générale (Chapitre V). L'article empirique a été rédigé par l'auteur de cette thèse, qui a participé à toutes les étapes de l'élaboration du manuscrit, soit la conception des études, le développement de la tâche expérimentale, le recrutement et l'évaluation des participants, l'analyse des données et la rédaction des manuscrits. Son nom apparaît ainsi en premier dans l'ordre des auteurs de l'article. Le nom du directeur de la thèse, Sébastien Tremblay, apparaît en deuxième position. La contribution des différents coauteurs est la suivante :

GENEVIÈVE DUBÉ, candidate au doctorat, École de psychologie: recension des écrits scientifiques, définition des objectifs et hypothèses des études, élaboration de la méthodologie expérimentale, collecte de données, analyse et interprétation des données, rédaction du manuscrit.

SÉBASTIEN TREMBLAY, professeur titulaire, École de psychologie, directeur de thèse: assistance dans toutes les étapes de la thèse, supervision de la démarche scientifique.



## **CHAPITRE I**

### **INTRODUCTION GÉNÉRALE**



Au cours des dernières décennies, les questions reliées au travail d'équipe ont suscité un intérêt grandissant au sein d'un large éventail de domaines et d'applications. Le travail d'équipe est devenu un élément central des organisations dans notre société moderne. Aujourd'hui, le travail est plus intellectuel, plus collaboratif, et basé sur des technologies hautement sophistiquées. De ce fait, la complexité et l'étendue des tâches à accomplir sont souvent trop importantes pour un seul individu, d'où un intérêt croissant pour l'étude du travail d'équipe (Espinosa, Slaughter, Kraut, & Herbsleb, 2007; Lu, Xiang, Wang, & Wang, 2011), de son fonctionnement et des précurseurs à son efficacité. L'importance des équipes dans le monde du travail a d'ailleurs été bien documentée (Jobidon, Tremblay, Lafond, & Breton, 2006). Par exemple, les tâches critiques dans le domaine de l'aviation (voir Wickens, Mavor, & McGee, 1997), des opérations médicales (voir Thomas & Helmreich, 2002), de la gestion de crise (par exemple, Leplat, 1991; Orasanu, 1994) ou des manœuvres militaires (par exemple, Graham & Matthews, 1999) dépendent fortement de l'efficacité du travail d'équipe.

Une équipe est une entité sociale composée d'au moins deux individus, poursuivant un but commun, qui coordonnent leurs actions en vue d'accomplir ce but (Devine, 2002; Dyer, 1984). Le travail d'équipe permet d'atteindre une efficacité supérieure à la somme de la capacité individuelle des coéquipiers (Ioerger, 2003), principalement par l'accroissement et la superposition des connaissances (Cooke, Kiekel, & Helm, 2001). Toutefois, le travail d'équipe peut également entraîner des coûts puisqu'il accroît le niveau de complexité de la tâche en faisant intervenir des processus et des comportements qui ne sont pas observés dans des situations de travail individuel (Ioerger, 2003 ; Salas, Sims & Burke, 2005; Tremblay, Vachon, Lafond, & Hodgetts, 2010), comme la coordination, la collaboration et le leadership (Klimoski & Mohammed, 1994; Lu et al., 2011). Ces processus d'équipe, qui s'ajoutent aux prérequis de la tâche en soi (Canon-Bowers & Salas, 1997; Morgan, Glickman, Woodward, Blaiwes, & Salas, 1986), ont une influence majeure sur la performance des équipes (McIntyre & Salas, 1995; Salas & Fiore, 2004; Stout, Cannon-Bowers, Salas, & Milanovich, 1999; Wilson, Salas, Priest, & Andrews, 2007). Bien que ces processus

soient connus, leur importance relative et la dynamique de leur interaction dans une situation donnée restent à approfondir et à modéliser (Salas, Cooke, & Rosen, 2008).

Le travail d'équipe est prédominant en situation complexe et dynamique, comme le travail aux soins intensifs ou les interventions en sécurité civile (Ashton, Kleinmuntz, Sullivan, & Tomassini, 1988; Lu et al., 2011). Une situation complexe est caractérisée par un nombre important de facteurs interreliés (Gonzalez, Vanyukov, & Martin, 2005). La relation entre les variables de la situation n'est pas toujours linéaire, et la nature de cette relation n'est pas directement observable par les intervenants. La complexité des situations de crise, associée à une forte pression temporelle, complique l'analyse de la situation et la prise de décision par les intervenants. Ces derniers doivent s'appuyer sur leur capacité (plutôt limitée) à comprendre la dynamique des systèmes complexes (Gagnon, Jeuniaux, Dubé & Tremblay, 2011; Sterman, 2006). Comme les situations de crise sont définies par une dynamique fortement non linéaire et incertaine (Ilachinski, 1996), elles sont particulièrement difficiles à comprendre et à influencer efficacement. La qualité de la prise de décision repose alors sur la capacité de l'équipe à reconnaître et classer efficacement la situation, et à identifier rapidement un plan d'action approprié (Klein, 1991). Les intervenants utilisent donc un modèle de prise de décision basé sur la reconnaissance et caractérisé par l'absence de comparaison entre les options disponibles (Klein, 1989). Ils identifient plutôt un plan d'action satisfaisant, et s'y tiennent. Ceci permet de prendre des décisions plus rapidement, ce qui est essentiel en situation de crise. Les intervenants peuvent aussi avoir tendance à s'appuyer sur des heuristiques simples, ou raccourcis mentaux, pour prendre leur décision (Tversky & Kahneman, 1974). Bien que ces heuristiques puissent être efficaces dans certaines situations, ils sont souvent responsables d'erreurs systématiques. Par exemple, les systèmes complexes tendent à submerger les capacités cognitives des intervenants, conduisant à un phénomène appelé erreur de fixation (blocage cognitif, vision tunnel ou erreur de persévération). Une erreur de fixation se rapporte à l'incapacité d'un individu à réviser une décision initiale avec l'arrivée de nouvelles informations, même lorsque ces informations sont en totale contradiction avec la décision initiale (Cuschieri, 2006; Kerne & Smith, 2004). Par exemple, un médecin expert et compétent rend un diagnostic initial en fonction des premières

informations disponibles, tout en étant conscient que ce diagnostic peut changer si la situation évolue. Normalement, il est en mesure de réviser son diagnostic et ses stratégies en fonction de l'évolution de la situation. La fixation se produit lorsque cette révision fait défaut et que le chirurgien reste fixé sur une évaluation erronée de la situation, sans parvenir à intégrer la nouvelle information contradictoire (Besnard & Bastien-Toniazzo, 1999; De Keyser, & Woods, 1990; Gaba, & De Anda, 1989). Les erreurs de fixation, ainsi que d'autres types d'erreurs entraînées par une surcharge d'information et une trop grande complexité, nuisent à la performance des équipes de travail en situation de crise. Une modélisation précise de la dynamique du travail d'équipe pourrait permettre de limiter l'impact de la complexité sur la performance des intervenants. En effet, un tel modèle pourrait permettre d'adapter le travail de façon à limiter l'impact du travail d'équipe sur la complexité de la tâche (limiter le recours aux processus d'équipe), de développer des outils de support à la cognition efficaces et adaptés et même de développer un système d'entraînement facilitant le travail en équipe.

### **Situations de crises**

Tel que décrit plus haut, les situations de crise sont des situations complexes et dynamiques. Bien que des différences existent selon les domaines, on peut généralement définir une crise comme une situation hautement déstabilisante qui implique des risques imminents pour la santé et la sécurité des individus concernés (Morin, 2008; Stanton et al., 2008). Comme dans toute situation complexe, des décisions cruciales doivent être prises rapidement, et ce, à partir d'informations souvent incomplètes et contradictoires. Les situations de crise impliquent une pression temporelle extrême et un niveau d'incertitude élevé (concernant à la fois la nature de la situation et ses conséquences potentielles; Rosenthal, Boin, & Comfort, 2001; Boin & Hart, 2007; Scholtens, 2008; Morin, 2008). Elles engendrent donc un sentiment d'urgence, qui n'est pas observé en présence d'une situation grave ne posant pas de menace imminente (Boin & Hart, 2007). L'aspect d'immédiateté est donc un élément clé qui distingue les situations de crise d'une situation grave.

Les situations de crise se font de plus en plus fréquentes (Boin & Hart, 2007). Plusieurs facteurs des sociétés modernes expliquent cette augmentation, tels que l'étendue des villes dans des zones géographiques à risque (Bourque, Siegel, & Shoaf, 2001), le transport de marchandises grandissant, ou le vieillissement de la population. Comme les situations de crise sont difficiles à gérer - en raison de leur complexité, de leur dynamisme et de leur nature chaotique (Boin & Hart, 2007; Dantas & Seville, 2006; Dubé, Tremblay, Banbury & Rousseau, 2010 ; Eleftherios & Christos, 2001) - l'efficacité des équipes de gestion de crise revêt une importance capitale. La présente étude s'attarde donc à l'efficacité des équipes de gestion de crise. Un modèle de l'efficacité du travail d'équipe sera étudié dans deux domaines différents; la sécurité civile en réponse à un sinistre et les soins intensifs en milieu hospitalier.

La gestion de crise se définit comme l'exercice de l'autorité sur les ressources (humaines et matérielles) disponibles en vue d'accomplir les objectifs spécifiques en réponse à une situation de crise (Builder, Bankes & Nordin, 1999; Tremblay, Lafond, Gagnon, Rousseau, & Grandlund, 2010). La gestion de crise sollicite des activités de commandement et contrôle qui assurent une allocation efficace des ressources (Wex, Schryen & Neumann, 2011), une bonne coordination (Lafond, Jobidon, Aubé, & Tremblay, 2011) et une distribution adéquate de l'information au sein de l'équipe (Dantas & Seville, 2006; Eleftherios & Christos, 2001; Keane, 2005; Mishra, Allen, & Pearman, 2011). En raison de l'imprévisibilité des situations de crise, la gestion de crise est enclenchée rapidement dès l'avènement d'une situation critique. Comme les situations de crise sont soudaines et imprévisibles, les équipes de gestion de crise sont formées sur le moment (ad hoc) et doivent improviser dès leur arrivée. Le dynamisme et la pression temporelle propres aux situations de crise demandent ensuite une réponse continue, dictée par le fil des événements et donc difficilement planifiable à moyen et long terme. Pour cette raison, les processus de prise de décision en gestion de crise diffèrent des méthodes incrémentale et semi-rationnelle habituellement employées lors des tâches de routine (Lagadec, 2007). La rapidité déconcertante, l'ambiguïté et la complexité des situations de crise dépassent les méthodes traditionnelles d'évaluation de la situation. Les capacités intellectuelles d'un individu ne sont pas adaptées pour gérer les changements soudains, non linéaires et imprévisibles de l'environnement. De

plus, les informations disponibles sont nombreuses, fragmentées, contradictoires, désarticulées et dispersées à travers l'équipe, ce qui accroît le niveau d'incertitude et conduit à une surcharge d'informations. Les intervenants en gestion de crise, même lorsqu'ils sont bien entraînés, ont donc tendance à comparer leur compréhension de la situation avec leurs modèles mentaux de situations similaires et à sélectionner la décision associée à l'image mentale la plus proche de la situation actuelle (Boin & Hart, 2007). Ce type de prise de décision, à l'instar des heuristiques et des raccourcis mentaux, peut mener à de graves erreurs.

Les situations de crise de toute nature partagent les caractéristiques de base mentionnées plus haut. Par contre, selon la nature de la situation, elles présentent aussi des particularités. Par exemple, une situation de crise peut se produire à grande échelle, impliquant des centaines d'agents, ou être localisée, gérée seulement par un groupe restreint d'intervenants. Les particularités des situations de crise de deux domaines différents seront étudiées ici: la sécurité civile et les soins de santé. De façon générale, les situations de crise en sécurité civile menacent plusieurs individus et nécessitent le déploiement de nombreux intervenants, divisés en plusieurs niveaux hiérarchiques. Lors d'une situation de crise en soins intensifs, un seul individu est menacé et le nombre d'intervenants et de niveaux hiérarchiques est restreint. Le Tableau 1 illustre les principales différences entre ces deux domaines d'intervention. Une description exhaustive, ainsi que les plans d'intervention les plus communs pour chacun, sont présentés dans les sections qui suivent.

Tableau 1

*Distinction entre une situation de crise en sécurité civile et en soins de santé*

	<b>Sécurité civile</b>	<b>Soins de santé</b>
Échelle	Grande (Plusieurs individus en danger)	Petite (un seul individu en danger)
Nombre d'intervenants	Variable	Six intervenants
Niveaux d'intervention	Multiples	Un
Durée	De quelques heures à quelques semaines	Jusqu'à quelques heures

## *Sécurité Civile*

En sécurité civile, les situations de crise sont le plus souvent causées par un sinistre. Un sinistre est un incident à grande échelle, d'origine humaine ou naturelle, perçu comme très menaçant (Boin & Hart, 2003). Les sinistres sont habituellement le produit de nombreux facteurs qui interagissent dans le temps et produisent une menace avec un potentiel dévastateur (Boin & Hart, 2007). Les sinistres peuvent durer de quelques jours à plusieurs mois, mais en général, seules les premières heures ou, dans certains cas, les premières journées sont considérées comme une situation de crise. L'ampleur de la situation nécessite habituellement un grand nombre d'intervenants. Plusieurs niveaux hiérarchiques peuvent être impliqués, selon la gravité et l'étendue de la situation, mais deux niveaux sont toujours présents: 1) le poste de commandement de l'incident (niveau opérationnel) et 2) les unités d'intervention sur le terrain (niveau tactique). Comme les sinistres sont des situations majeures et imprévisibles, gérées par des équipes ad hoc, un plan standardisé préétabli devrait être implémenté à tous les niveaux d'intervention, de local à national, afin de simplifier le travail des intervenants. En effet, un plan d'action bien connu et compris par tous les intervenants devrait faciliter la coordination et le fonctionnement des équipes de gestion de crise. Le plan devrait être suffisamment précis pour orienter efficacement les intervenants, mais aussi suffisamment flexible pour être utilisé en tout temps, peu importe la nature et l'ampleur du sinistre.

Le Firescope est un bon exemple d'un plan de gestion de crise bien établi. Développé dans les années 1970, suite à une importante vague de feux de forêt en Californie, il est aujourd'hui à la base de nombreux plans d'intervention modernes (Rowley, 2005). Le Firescope propose le Système de gestion de l'incident (SGI) comme plan d'action détaillé pouvant s'appliquer à toute situation de crise (Office of Emergency Services, 2007). Selon le SGI, une situation de crise est gérée à partir d'un poste de commandement par le Commandant d'incident (la Figure 1 illustre la composition traditionnelle d'un poste de commandement). Le Commandant d'incident est supporté par trois officiers spécialisés, ainsi qu'un nombre variable de chefs,

spécialisés eux aussi. Le nombre de chefs ainsi que leur spécialisation est déterminé par la nature du sinistre. Le SGI offre une description détaillée du rôle de chacun, ainsi qu'une liste de contrôle incluant l'ensemble des tâches de chaque intervenant (Office of Emergency Services, 2007). Bien que pratiquement chaque ville, chaque région et chaque province du Canada possède son propre plan d'intervention, la majorité d'entre eux sont des dérivés du SGI, ce qui en fait une excellente base pour l'étude du travail d'équipe en situation de crise. La première partie de la présente étude est basée sur le modèle d'intervention proposé par le Firescope.

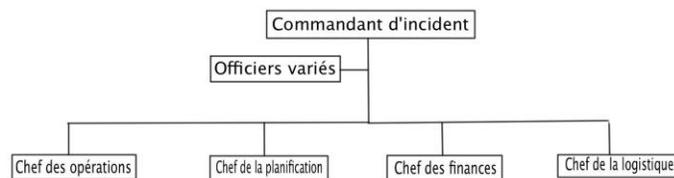


Figure 1. Poste de commandement traditionnel du SGI (image extraite du Firescope 2007).

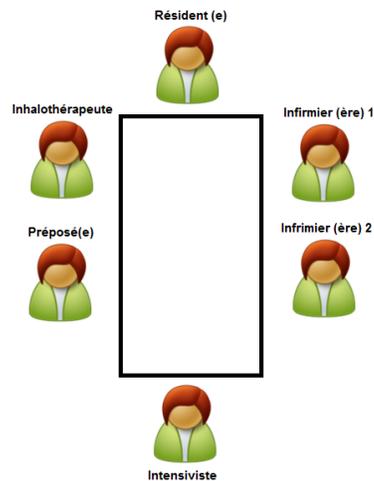
### ***Unité des soins intensifs***

L'unité de soins intensifs (USI) est un environnement de soins critiques à haut risque qui requiert l'intervention d'une équipe multidisciplinaire de haut niveau afin de sauver la vie de patients gravement malades (Reader, Flin, & Cuthbertson, 2008). La majorité des patients de l'USI souffrent de dysfonctions organiques multiples qui requièrent un traitement immédiat et qui rendent l'issue des traitements difficilement prévisible (Reader, Flin, Mearns, & Cuthbertson, 2009). Comme les patients des USI sont hautement instables, la survenue d'une situation de crise y est largement probable. En terme médical, une crise réfère à la phase critique au cours de laquelle un patient combat pour sa survie (Boin & Hart, 2007). Une situation de crise en USI représente un immense défi de coordination pour l'équipe d'intervention primaire puisqu'il s'agit d'un environnement dynamique, souvent décousu, où les équipes doivent effectuer plusieurs tâches simultanément, souvent de façon interrompue, nuisant ainsi au partage efficace de l'information (Grundgeiger, Sanderson, MacDougall, & Venkatesh, 2010).

Le travail cognitif et l'expertise sont distribués entre les membres de l'équipe d'intervention primaire, composée d'un intensiviste, d'un médecin résident, de deux infirmiers, d'un inhalothérapeute et d'un préposé aux bénéficiaires (voir Figure 2), bien que le pouvoir décisionnel repose habituellement sur le médecin résident et l'intensiviste. Afin d'être efficaces, les membres de l'équipe doivent posséder une bonne connaissance de l'environnement clinique (ex. : localisation du matériel et de la médication, qui est disponible, etc.) et bien maîtriser le fonctionnement de l'équipement puisqu'un tout petit problème technique peut menacer sérieusement les chances de survie du patient (Fanning, Goldhaber-Fiebert, Undani, & Gaba, 2013). Ils doivent également bien maîtriser le protocole, c'est-à-dire la séquence d'actions associée à une tâche donnée, afin d'accélérer et simplifier l'exécution de la tâche en question.

Aux USI, les erreurs médicales sont le plus souvent liées à des problèmes de communication (Andersen, Jensen, Lippert, & Østergaard, 2010; DeVita, Schaefer, Lutz, Wang, & Dongilli, 2005; Hicks, Bandiera, & Denny, 2008; Hunziker et al., 2011; McCulloch, Rathbone, & Catchpole, 2011; Weller, Janssen, Merry, & Robinson, 2011). Les sources d'information aux SI sont nombreuses : histoire clinique, monitoring, données de laboratoire, etc. Ces informations sont critiques pour la survie du patient et, en situation de crise, elles changent rapidement (Fanning et al., 2013), requérant une vigilance constante. Conserver en mémoire ces informations changeantes est particulièrement difficile lors d'une situation de crise puisque les membres de l'équipe effectuent plusieurs tâches en parallèle et sont régulièrement interrompus (Hunziker et al., 2011). De plus, ces informations critiques sont distribuées entre les membres de l'équipe. Comme ils sont habituellement concentrés sur des sous-tâches différentes, ils ne possèdent pas une vision complète et précise de la situation en cours, ce qui nuit au transfert adéquat de l'information (Hunziker et al., 2011). De plus, comme il existe des différences marquées entre les corps professionnels en termes de perception du travail d'équipe et de perception des compétences, l'établissement d'une compréhension et d'une vision commune de la situation et des tâches à accomplir (Leggat, 2007; Pittman, Turner, & Gabbott, 2001), ainsi que le transfert efficace de l'information sont continuellement compromis. Comme une mauvaise communication peut mener à de

graves conséquences si une information clé n'est pas acheminée à temps à la bonne personne (Andersen et al., 2010), une harmonisation du travail d'équipe est essentielle.



*Figure 2.* Représentation d'une équipe d'intervention primaire en soins intensifs

Le monde médical est continuellement en changement. Les lignes directrices de pratique clinique ne sont donc pas constantes et, dans certains cas, elles peuvent même être contradictoires. Cependant, certaines d'entre elles sont largement reconnues et utilisées. C'est le cas de l'Advanced Cardiac Life Support (ACLS). L'ACLS est un ensemble d'interventions cliniques pour le traitement d'un état cardiaque aigu, comme un arrêt cardiaque, une fibrillation ventriculaire, ou tout autre état menaçant la survie du patient (American Heart Association, 2003). L'ACLS a été développé en 1974 par l'American Heart Association et mis à jour de nombreuses fois depuis (Mutchner, 2007). L'ACLS offre un ensemble de lignes directrices et d'algorithmes qui permettent de standardiser les traitements et d'en augmenter l'efficacité (voir Figure 3). Ces algorithmes sont présentés sous forme d'organigrammes basés sur des décisions oui/non faciles à mémoriser. L'ACLS est largement utilisé au Canada, et offre une excellente base pour l'étude de situation de crise en ICU. La deuxième section de cette étude est basée sur l'ACLS.

## AHA ACLS Adult Cardiac Arrest Algorithm

Shout for Help/Activate Emergency Response

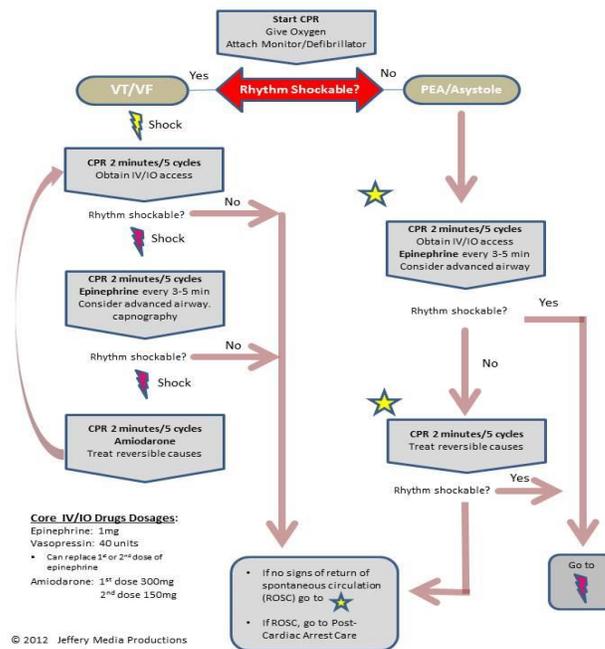


Figure 3. Algorithme de traitement d'un arrêt cardiaque chez l'adulte (extrait de l'ACLS)

## Travail d'équipe

La complexité des situations de crise requiert des connaissances et des ressources qui dépassent largement les ressources d'un individu seul. Le recours aux équipes de travail multidisciplinaires permet de réduire la charge de travail individuelle (Stout, Salas, & Carson, 1994), d'augmenter le niveau de connaissances et d'expertise disponible et d'augmenter la résilience par le chevauchement des connaissances et de l'expertise entre les membres de l'équipe. Toutefois, le travail en équipe apporte aussi un élément de complexité en faisant intervenir des fonctions et des comportements qui ne seraient pas observés en travail individuel: les processus d'équipe (Ioerger, 2003 ; Salas et al., 2005; Tremblay et al., 2010). Canon-Bowers, Tannenbaum, Salas et Volpe (1995) décrivent les processus d'équipe comme tout comportement ou procédure cognitive nécessaire à l'accomplissement d'une tâche afin que les objectifs d'équipe soient atteints. Ces processus d'équipe s'ajoutent à la charge de travail associée à la tâche en soi et peuvent influencer significativement la performance des équipes (Canon-Bowers & Salas, 1997; Morgan et al., 1986; McIntyre & Salas, 1995; Salas &

Fiore, 2004; Stout et al., 1999; Wilson et al., 2009). En effet, la communication inhérente à chaque processus d'équipe exige du temps, de l'attention et de l'énergie de la part de chaque membre de l'équipe. Comme chacun des individus composant l'équipe possède des ressources attentionnelles limitées, vient un point où les avantages du travail en équipe risquent d'être surpassés par les coûts en communication (Crawford & Lepine, 2012).

Ceci est particulièrement vrai en gestion de crise, où les équipes sont formées ad hoc par des intervenants provenant de professions et de cultures organisationnelles différentes. Ces équipes doivent faire rapidement face à des tâches avec lesquelles elles sont peu familières (Wickler, Potter, Tate, & Hansberger, 2011), ce qui complexifie davantage la tâche et la situation. De plus, amener un groupe d'intervenants provenant de différents horizons à travailler efficacement ensemble dans un bref délai est une tâche difficile puisque certains processus d'équipe, comme les modèles mentaux partagés, n'ont pas pu être développés (Crawford & Lepine, 2012). Comprendre l'importance relative et la dynamique de l'interaction des processus d'équipe en gestion de crise et comment les équipes traitent l'information dans un tel contexte est donc extrêmement important et pourrait permettre, tel que mentionné précédemment, de diminuer l'impact possiblement négatif du travail d'équipe en gestion de crise, et ce, par une meilleure préparation, de meilleurs outils, et une meilleure sélection du personnel (Cooke, Gorman, Myers, & Duran, 2013).

### ***Déterminants de la performance des équipes***

La performance des équipes de gestion de crise est tributaire de plusieurs facteurs, à la fois internes (processus d'équipes, voir : Annett, Cunningham, & Mathias-Jones, 2000; Cooke, Kiekel, Salas, Stout, Bowers, & Canon-Bowers, 2003; Foushee, 1984; Stout et al., 1994) et externes (environnementaux, voir Salas et al., 2005) à l'équipe (Kozlowski, Gully, Nason, & Smith, 1999). Comme les facteurs environnementaux peuvent difficilement être contrôlés, la performance des équipes de travail ne peut être influencée qu'en travaillant sur les facteurs internes, les processus d'équipe. Plusieurs études se sont penchées sur l'importance et le rôle des processus d'équipe dans la performance des équipes de travail en général (Salas et al., 2005). De

nombreux processus ont été étudiés en relation avec la performance, dans différents contextes. Les processus d'équipes qui semblent les plus pertinents en contexte de gestion de crise sont la communication, l'adaptabilité, la coordination, la conscience de la situation et la prise de décision partagées, les modèles mentaux partagés et la distribution des tâches (ex. Jobidon et al., 2006).

La communication est une pierre angulaire de la performance des équipes (Brittain & Leifer, 1986; Cooke et al., 2013; Hsu, Shih, Chiang, & Liu, 2012; Lu et al., 2011; Parush, Kramer, Foster-Hunt, McMullan, & Momtahan, 2014; Pittman et al., 2001), particulièrement en gestion de crise, où les informations sont nombreuses, contradictoires, et changeantes. La communication correspond à tout transfert d'information entre les membres d'une équipe, que l'information soit reçue ou non par les autres coéquipiers (Gallivan & Keil, 2003; Hsu et al., 2012; Lu et al., 2011). La communication est une fonction élémentaire du travail d'équipe puisqu'elle est à la base du traitement commun de l'information (Salas et al., 2005). La collecte et l'échange d'information au sein de l'équipe facilitent la compréhension de l'environnement, favorisent une conscience de la situation partagée, un modèle mental partagé et la recherche de solution au sein de l'équipe (Hsu et al., 2012), en plus de réduire le niveau d'incertitude via le développement d'une base de connaissances communes (Hutinski, Vrček, & Bubaš, 2001; Müller & Turner, 2005). Comme les intervenants en gestion de crise n'ont pas eu l'occasion de travailler ensemble par le passé et proviennent de milieux différents, ils n'ont pas d'histoire collective. Il n'existe donc pas de base commune sur laquelle l'équipe peut s'appuyer au moment où elle entreprend sa tâche. La communication entre les coéquipiers en vue de développer cette base de connaissances communes est donc cruciale en gestion de crise puisqu'elle permet le développement d'un modèle mental partagé et facilite la coordination des actions (Adenfelt & Lagerström, 2009; Hsu et al., 2012; Krackhardt, 1992). Elle permet aussi de développer la confiance entre les coéquipiers et éventuellement un sentiment d'appartenance au sein de l'équipe, malgré sa courte durée de vie.

La communication au sein de l'équipe permet de supporter une coordination efficace entre ses membres (Ioerger, 2003; Manser, Harrison, Gaba, & Howard, 2009;

Militello, Patterson, Bowman, & Wears, 2007; Reddy & Spence, 2008; Rico, Sanchez-Mazaneres, Gil, & Gibson, 2008). Toutefois, selon Skubch, Wagner, Reichle, Triller, et Geihs (2010), pour les équipes œuvrant dans des contextes où la communication est menacée par un environnement hostile, comme en gestion de crise, un travail d'équipe cohérent et efficace présente un défi majeur. En effet, la communication sert de mécanisme sous-jacent à la coordination puisqu'elle permet d'ordonner les actions à accomplir (Hazlehurst, McMullen, & Gorman, 2007). De même, la prise de décision est largement influencée par la communication au sein de l'équipe (Hunziker et al., 2011). En situation de crise, la prise de décision implicite et automatique est attirante en raison de la pression temporelle élevée et de la surcharge de travail (Beach, Chi, Klein, Smith, & Vicente, 1997). Toutefois, le recours à une communication explicite dans le processus de prise de décision, même sous haute pression temporelle, mène à une meilleure performance puisqu'il permet à l'équipe de développer, tel que mentionné plus haut, un niveau de connaissances commun à tous les membres (Grote, Helmreich, Sträter, Häusler, Zala-Mezö, & Sexton, 2004 ; Hunziker et al., 2011). Cette base commune augmente la qualité de la prise de décision puisqu'elle diminue le risque de décision précoce et d'erreur de fixation et, par le fait même, conduit à une meilleure performance des équipes de gestion de crise (Waller & Utitdewilligen, 2008). Un déficit en communication au sein d'une équipe de gestion de crise entraîne donc de lourdes conséquences sur la performance (Cooke et al., 2013).

Cependant, toute communication n'est pas signe d'efficacité puisqu'un coût en termes de ressources cognitives y est associé (Canon-Bowers et al., 1995; Stammers & Hallam, 1985). Dans des situations où la pression temporelle est élevée, où les ressources sont limitées et la charge de travail des équipiers, imposante, comme en gestion de crise, les communications inutiles risquent plutôt d'entraîner une diminution de la performance. Il semblerait en effet que le besoin de communiquer entraîne une augmentation de la charge de travail cognitive perçue qui semble, dans certains cas, annuler la diminution de la charge de travail associée à la tâche (Tremblay et al., 2010). D'autres études ont également montré que, contrairement aux communications orientées sur la tâche, les communications non orientées sur la tâche conduisent à une diminution de la performance (Bowers, Jentsch, Salas, & Braun, 1998; Kanki, Lozito,

& Foushee, 1989; Williges, Johnston, & Briggs, 1996). Aussi, les équipes ayant recours à des commandes directes et à un transfert proactif de l'information pertinente présentent une meilleure performance que les équipes ayant tendance à poser plus de questions et donner moins d'ordres (Jobidon et al., 2006). Il semblerait donc que, pour atteindre une performance optimale, les coéquipiers doivent fournir l'information pertinente à la bonne personne, au bon moment (Rico et al., 2008), et ce, de façon claire et concise.

La performance des équipes de gestion de crise est aussi tributaire de l'efficacité de la coordination au sein de l'équipe. La coordination est la gestion et la combinaison des ressources individuelles et la synchronisation d'actions inter reliées en vue d'atteindre un objectif (Kraut & Streeter, 1995; MacMillan, Entin, & Serfati, 2004; Malone & Crowston, 1994). La coordination peut se faire ouvertement, par le biais de la communication (coordination explicite; Entin & Serfaty, 1999; Stout et al., 1999) ou de façon automatique, se basant entre autres sur les modèles mentaux partagés des coéquipiers et sur la mémoire transactionnelle (coordination implicite; Cooke et al., 2003; Cooke, Salas, Cannon-Bowers, & Stout, 2000; Espinosa, Lerch, & Kraut, 2004). Selon la théorie de la coordination (Van De Ven & Delbecq, 1976), le mode de coordination à privilégier varie en fonction de l'environnement et de la nature de la tâche (Fiore, Salas, & Canon-Bowers, 2001). Selon Manser et al. (2009), un milieu hautement standardisé et prévisible facilite la coordination implicite, alors qu'une situation incertaine et inhabituelle, comme la gestion de crise, favorisera le recours à la coordination explicite (Price, Miller, Entin, & Rubineau, 2001). La nature de la division du travail au sein de l'équipe influence également le type de coordination employé (Dubé et al., 2010; Price et al., 2001). Toutefois, selon MacMillan et al. (2004), l'efficacité du travail d'équipe réside plutôt dans la capacité à alterner d'un mode de coordination à un autre, selon les besoins. La coordination implicite serait surtout utile lorsque la charge de travail est très élevée puisque le temps et les ressources cognitives sont entièrement dirigés vers l'accomplissement de la tâche. La coordination explicite quant à elle serait à privilégier en période de calme relatif puisqu'elle permettrait à l'équipe de se préparer pour des situations plus exigeantes (Oranasu, 1993; Oranasu & Fisher, 1992). Toutefois, comme les équipes de gestion de

crise sont des équipes ad hoc et multidisciplinaires, elles ne possèdent pas encore d'expérience commune sur laquelle baser une coordination implicite, ce qui renforce le recours à une coordination explicite même sous forte pression temporelle. Selon la durée de vie de l'équipe de gestion de crise, il est toutefois possible que la construction de cette base commune se fasse suffisamment vite pour permettre à l'équipe de changer relativement rapidement pour un mode de coordination implicite, ce qui pourrait influencer positivement leur performance.

Un autre processus fondamental à la bonne performance des équipes de gestion de crise est l'adaptabilité. L'adaptabilité fait référence à la capacité de reconnaître les changements dans l'environnement et de modifier ses stratégies et ses actions en conséquence (McIntyre & Flemming, 2001; Priest, Burke, Munim, & Salas, 2002; Pulakos, Arad, Donovan, & Plamondon, 2000). L'adaptabilité amène une vitesse et une qualité de réponse accrue dans des moments critiques par l'activation de comportements tant individuels que d'équipe (Alberts & Hayes, 2006; Cannon-Bowers et al., 1995; Goodman, Devadas, & Griffith Hughson, 1988; Rousseau, Aubé, & Savoie, 2006). Les plus importants sont la surveillance de la situation, la rétroaction, et le soutien mutuel (backing up behaviors ; Porter, Hollenbeck, Ilgen, Ellis, West, & Moon, 2003). L'adaptabilité est une fonction cruciale en situation complexe et dynamique en raison de la rapidité avec laquelle la situation évolue et de l'imprévisibilité des changements de l'environnement. Ces caractéristiques demandent de la souplesse dans l'application des plans initiaux, dans la distribution des tâches et dans l'application des rôles (Essens et al., 2009).

Finalement, la performance des équipes de gestion de crise dépend aussi du partage de modèles mentaux adéquats et d'une conscience partagée de la situation. Des modèles mentaux partagés qui sont à la fois homogènes et adéquats sont nécessaires, notamment en raison de leur effet facilitateur sur la coordination implicite et sur l'adaptabilité. En effet, il semblerait que les équipes présentant une grande similarité entre les modèles mentaux des équipiers soient plus en mesure de s'adapter à des situations imprévues (Jones, 2006; Marks, Zaccaro, & Mathieu, 2000), à condition que ce modèle soit représentatif de la réalité. Toutefois, comme les membres des équipes de

gestion de crise n'ont, en général, jamais travaillé ensemble, la similitude des modèles mentaux est compromise. Il en va de même pour la conscience partagée de la situation. Ici aussi, une conscience de la situation qui est homogène et adéquate favorise une meilleure performance. En situation de gestion de crise, il est supposé que la conscience de la situation est dérivée des activités d'analyse de la situation qui servent à comprendre et prédire les facteurs environnementaux qui influencent l'évolution de la situation, les facteurs sociaux et émotionnels qui modifient le cours des actions entreprises, etc. Il est donc critique pour les équipes de gestion de crise de posséder une conscience de la situation partagée afin de faciliter la prise de décision, la coordination, et l'adaptation aux changements.

### ***Modèles d'efficacité du travail d'équipe***

Les processus de communication, d'adaptabilité, de coordination, de conscience de la situation et de modèles mentaux partagés sont critiques pour la performance des équipes de gestion de crise. L'effet individuel des processus d'équipe sur la performance est de mieux en mieux compris. Toutefois, l'interaction entre les processus d'équipe et la combinaison de leurs effets individuels et d'interaction sur la performance restent à définir.

Plusieurs applications dépendent d'une compréhension solide de la cognition en équipe (Cooke, Gorman, & Winner, 2007). Par exemple, la formation et l'entraînement des équipes de travail, surtout dans des domaines hautement cognitifs, bénéficieraient d'une évaluation approfondie de la cognition d'équipe, laquelle mettrait en lumière les forces et les faiblesses d'une équipe donnée, pour ensuite travailler sur ces dernières. Pour ce faire, les méthodes d'évaluation devraient être étroitement liées aux mesures de la cognition proposées par les théories existantes. Une bonne compréhension de la cognition d'équipe mène au développement de bons modèles et de bonnes simulations qui à leur tour permettent de prédire les comportements des équipes, de développer des technologies efficaces pour supporter les équipes et de mieux sélectionner les futurs membres de l'équipe (Cooke et al., 2013).

Plusieurs modèles ont déjà tenté d'expliquer comment les processus d'équipe interagissent et influencent la performance. La majorité de ces modèles ont toutefois été développés en parallèle et présentent plusieurs différences quant à la nature et au nombre de processus impliqués (Rousseau et al., 2006; Salas, Stagl, Burke, & Goodwin, 2004). De plus, peu de modèles tentent d'expliquer l'interaction dynamique entre les processus d'équipe. Cet aspect dynamique est pourtant essentiel pour la compréhension du fonctionnement d'une équipe, qui est une entité dynamique en soi (Gersick, 1988). Aussi, plusieurs études ne portent que sur un ou deux précurseurs de la performance (e.g., De Franco, Neill, & Clariana, 2011; Fan, Yen, & Volz, 2005; Gorman, Hessler, Amazeen, Cooke, & Shope, 2010; Roberts et al, 2014). Or, une explication holistique de l'efficacité du travail d'équipe n'est possible que par un modèle dynamique intégrant l'ensemble des principaux déterminants de la performance en gestion de crise. Seuls les modèles basés sur une revue extensive de la littérature antérieure et intégrant plusieurs processus d'équipe ont été considérés ici. Quatre modèles de l'efficacité du travail d'équipe sont présentés. Ces quatre modèles tentent d'expliquer l'interaction des processus d'équipe et leur lien avec la performance.

### *Le système IPO*

Le système Données-Processus-Produit (Input-Process-Output, IPO; Cooke et al., 2013; Mcgarth, 1984) sert de base à de nombreux modèles du travail d'équipe. Dans ce système dynamique, les données correspondent aux conditions préexistantes dans l'environnement interne et externe de l'équipe. Les processus sont les mécanismes par lesquels les données sont transformées en produits, le produit étant le résultat ou la performance de l'équipe (Sartori, Waldherr, & Adams, 2006). Donc, pour atteindre leurs objectifs, les membres de l'équipe doivent interagir afin de transformer les données en produits (Hsu et al., 2012). Le système IPO offre une façon simple d'expliquer la relation entre les processus d'équipe (voir Figure 4), mais ne permet pas l'explication d'interactions complexes entre les éléments du modèle (Cooke et al., 2013). En outre, les processus pris en considération sont restreints et certains processus primaires du travail d'équipe en gestion de crise sont absents, soit la communication, la conscience de la situation, les modèles mentaux partagés et l'adaptabilité. De plus, la façon dont les processus d'équipe interagissent pour former un produit n'est pas claire.

En outre, le modèle suggère une progression linéaire du travail d'équipe (Ilgen, Hollenbeck, Johnson, & Jundt, 2005) qui est inadéquate pour expliquer le travail d'équipe en gestion de crise, où les changements dans l'environnement sont rapides et imprévisibles. Dans un tel contexte, le travail d'équipe ne peut être considéré de façon linéaire. Un modèle flexible et dynamique incluant les processus d'équipes essentiels en gestion de crise est nécessaire afin de bien comprendre le travail d'équipe en pareille situation.

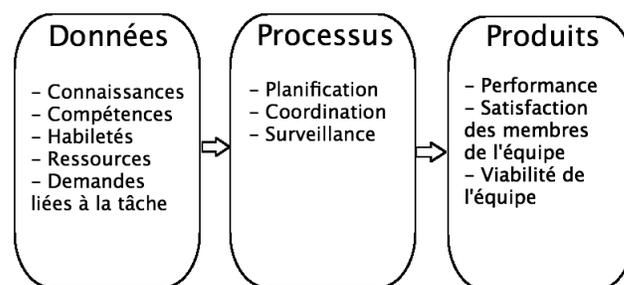


Figure 4. Système IPO.

Sivasubramaniam, Liebowitz, et Lackman (2012) ont développé et testé un dérivé du modèle IPO permettant d'identifier les déterminants de la performance dans un contexte de développement de produit (voir Figure 5). Ce modèle est intéressant ici puisque le développement de produit partage plusieurs caractéristiques avec la gestion de crise; les équipes évoluent dans un environnement non routinier et ambigu où les ressources sont limitées et où la complexité de la tâche à accomplir nécessite le recours à des équipes multidisciplinaires (Sivasubramaniam et al., 2012). De plus, bien que sur une échelle différente, les équipes de développement de produit font aussi face à une forte pression temporelle. En outre, des processus d'équipe clés, oubliés dans le modèle IPO original, ont été inclus dans cette version, telle que la communication par exemple. Le modèle bénéficie aussi d'une validation à partir d'une méta-analyse. Cette dernière a permis de confirmer la relation entre les données (taille, longévité, diversité, leadership et habileté de l'équipe), les processus (communication, cohésion, clarté des objectifs) et le produit, soit la performance mesurée sur trois axes: efficacité, efficience et rapidité de mise en marché.

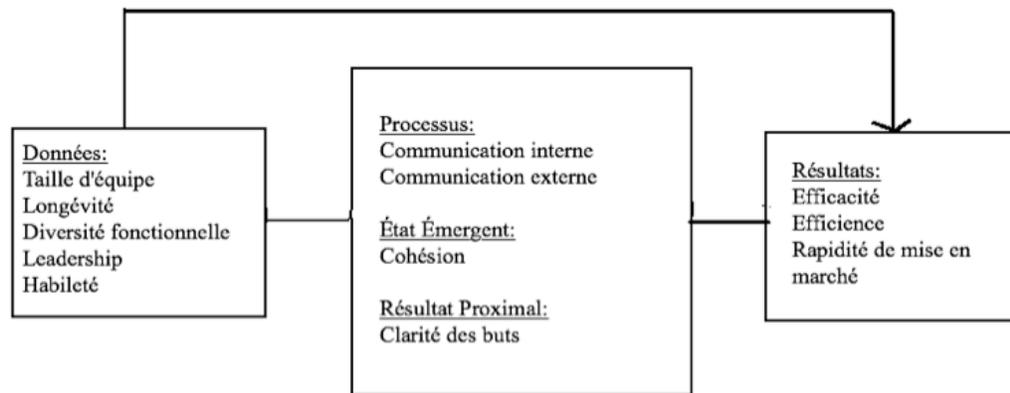


Figure 5. Le modèle de la performance des équipes de développement de produit. Inspirée de Sivasubramaniam et al. (2012).

Le modèle IPO modifié de Sivasubramaniam et al. (2012) est intéressant puisqu'il tente d'expliquer les interrelations et les effets modérateurs possibles entre des processus d'équipe de diverses natures, soit cognitive, sociale et organisationnelle. Toutefois, comme pour le modèle original, plusieurs processus d'équipe critiques connus dans la littérature sont absents, tels que la coordination et l'adaptabilité, la conscience de la situation et les modèles mentaux partagés. De plus, la limitation liée à la progression linéaire du travail proposée par le modèle IPO original demeure. Bien que le modèle IPO modifié présente un intérêt pour la compréhension de la performance des équipes en gestion de crise, il n'est pas suffisamment dynamique, ni complet, pour capter l'interaction temporelle des processus d'équipe et son impact sur la performance. Un modèle plus dynamique s'avère essentiel.

#### *Modèle de phases récurrentes*

Le modèle des phases récurrentes, développé à partir du système IPO par Marks, Mathieu, et Zaccaro (2001), tente également d'illustrer le dynamisme du travail d'équipe. Ce modèle divise le travail d'équipe en épisodes, soit des intervalles de temps identifiables au cours desquels des périodes d'action et de transition sont observées. Un épisode correspond généralement à l'accomplissement d'un but ou d'un sous-but. Selon Marks et al. (2001), l'efficacité est évolutive dans le temps, et est mieux visualisée par une série d'IPOs, où le produit d'un épisode sert de données pour l'épisode suivant. La

Figure 6, tirée de Marks et al. (2001), illustre ce modèle. L'approche épisodique permet aussi de catégoriser la nature de la tâche à accomplir à un moment précis, soit en phase d'action (période de temps où les équipes agissent directement sur l'accomplissement du but) ou en phase de transition (période où l'équipe s'attarde à l'évaluation ou à la planification des actions en vue d'accomplir un but). Cette distinction est importante puisque les processus d'équipe jugés efficaces ne seront pas les mêmes en fonction de la phase dans laquelle se trouve l'équipe. Les équipes qui ont recours aux processus appropriés à la phase dans laquelle ils se trouvent devraient mieux performer que les autres (Crawford & Lepine, 2012). Si ce modèle ne permet pas de comprendre comment interagissent les processus d'équipe à l'intérieur d'une phase donnée, il permet d'expliquer la présence d'une composante cyclique dans la dynamique des processus d'équipe. En effet, il est possible que les processus d'équipe se présentent d'une façon particulière dans chacune des phases. Dans ce cas, le patron de présentation des processus d'équipe se répéterait de phase en phase, créant un cycle répétitif. Ce modèle amène un aspect souvent absent dans les autres modèles: le synchronisme. Le modèle de Marks et al. (2001) souligne l'importance du lien entre la tâche à accomplir à un moment donné et les processus d'équipe les plus pertinents qui y sont associés. Ainsi, si on suit le principe des phases récurrentes, les processus d'équipe les plus utiles pour bien performer ne seraient pas les mêmes en phase d'action et en phase de transition, et les équipes les plus performantes seraient celles qui ont recours aux bons outils, au bon moment (Crawford & LePine, 2012). Bien que le synchronisme soit un aspect intéressant du modèle de Marks et al. (2001) utile à la compréhension du travail d'équipe en gestion de crise, la vitesse à laquelle évoluent les situations de crise ne permet pas aux phases de transition de s'exprimer, ce qui rend le modèle peu utile pour bien expliquer et prédire l'efficacité des équipes de gestion de crise. De plus, les processus d'équipe pris en compte ici sont les mêmes que pour le système IPO et n'incluent pas certains des processus clés du travail d'équipe en gestion de crise, tels que la communication, l'adaptabilité, la conscience partagée de l'information et les modèles mentaux partagés.

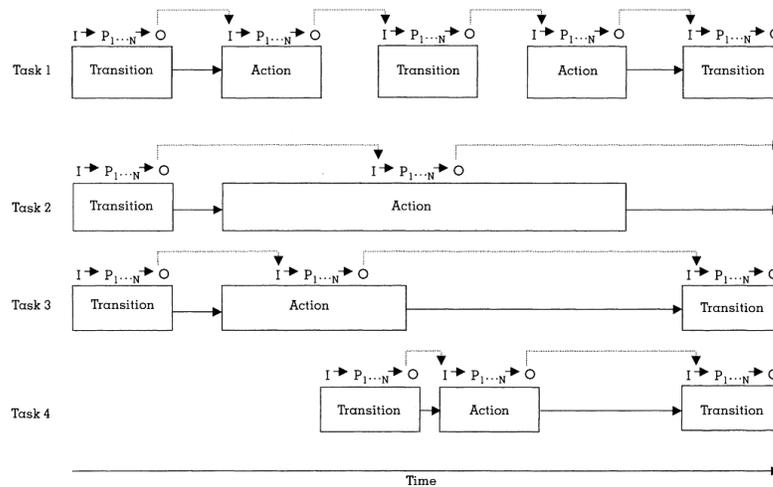


Figure 6. Modèle des phases récurrentes (tiré de Marks et al., 2001).

### Modèle de régulation de la performance

Rousseau et al. (2006) ont effectué un relevé exhaustif de la littérature et fait une synthèse des comportements les plus susceptibles d'influencer l'efficacité des équipes de travail. À partir de cette synthèse, ils ont développé un modèle dynamique d'efficacité du travail d'équipe basé sur la théorie de l'action de Frese et Zapf (1994). Rousseau et al. (2006) ont repris les fonctions de régulation de la performance individuelle de Frese et Zapf (1994) et les ont adaptées à la performance d'équipe. Ils ont classé les processus d'équipe obtenus lors de leur synthèse en deux grandes catégories : la régulation de la performance et le maintien de l'équipe. Comme les équipes de gestion de crise sont des équipes ad hoc avec une durée de vie très brève, seules les fonctions de régulation de la performance sont pertinentes ici. Les fonctions de régulation de la performance sont : préparation, collaboration, évaluation et ajustement. Ces fonctions de régulation correspondent aux processus les plus couramment associés à la performance des équipes mais évitent la redondance et le chevauchement conceptuel souvent retrouvés dans la littérature (Jobidon et al., 2006; Marks & Panzer, 2004). La Figure 7, tirée de Rousseau et al. (2006), présente l'ensemble du modèle. La branche de gauche représente la régulation de la performance.

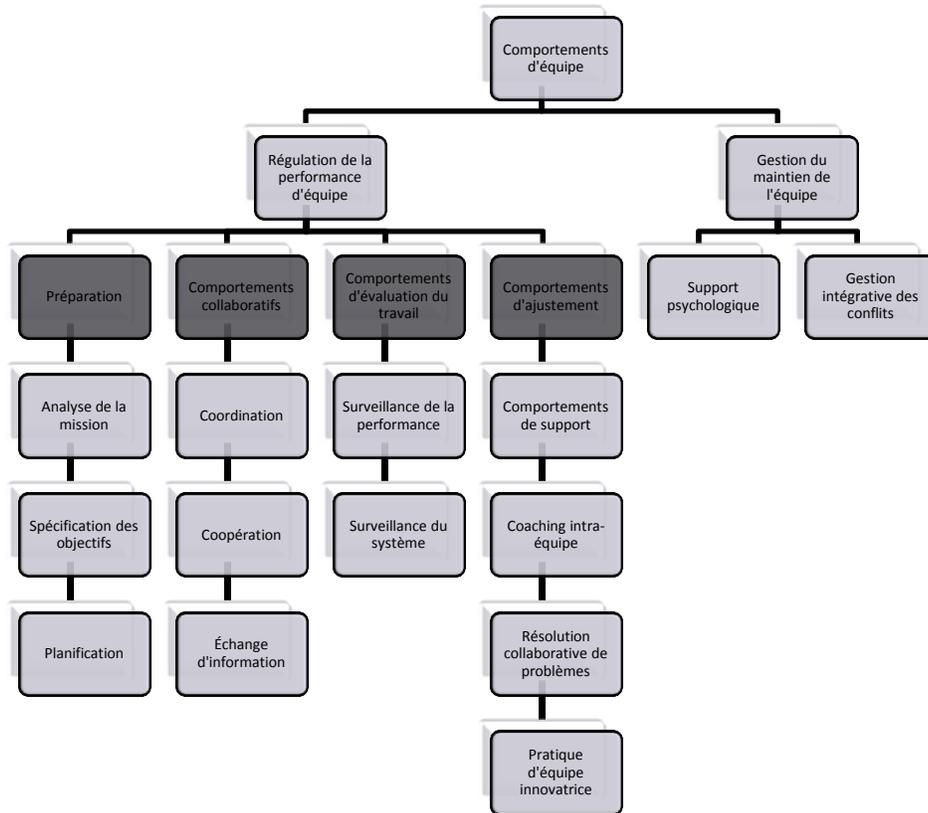
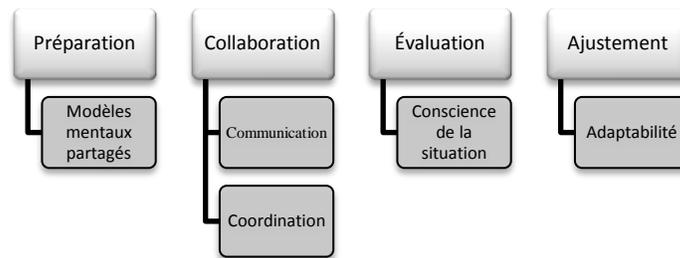


Figure 7. Modèle des fonctions de régulations de Rousseau et al. (2006).

La fonction de préparation à l'accomplissement du travail (préparation) réfère à l'analyse du travail à effectuer et à la planification des tâches. Ceci inclut l'identification des tâches principales et l'analyse de l'environnement et des ressources disponibles. C'est à partir de ces informations que l'équipe développe un modèle mental partagé qui servira de base à la coordination des actions. La fonction de comportements collaboratifs liés à la tâche (collaboration) fait référence à la mise en œuvre du plan d'action établi lors de la préparation. Cette fonction inclut des comportements de coordination, de coopération et d'échange d'information. Il s'agit simplement ici de partager toute l'information nécessaire et de travailler ensemble pour exécuter la tâche. La fonction d'évaluation du travail (évaluation) porte sur la surveillance de la performance globale de l'équipe et de l'environnement dans lequel s'effectue le travail. Une bonne conscience de la situation est sous-jacente à cette fonction. Ceci permet de s'assurer que l'équipe va dans la bonne direction et qu'il n'y a pas d'éléments qui compromettent la performance. Finalement, la fonction d'ajustement de l'équipe

(ajustement) représente la réponse aux changements ou aux déviations au plan, observés lors de la phase d'évaluation. Les comportements d'entraide, le coaching intra équipe, la résolution de problèmes partagée et l'innovation sont des composantes de cette fonction.

La force du modèle de Rousseau et al., (2006) réside dans le dynamisme de ses fonctions. La dynamique du modèle s'observe par la séquence des fonctions de régulation. Selon la théorie de l'action, la performance de l'équipe sera optimale si les quatre fonctions de régulation apparaissent selon l'ordre préparation-collaboration-évaluation-(ajustement/collaboration) (Frese & Zapf, 1994). Cette séquence, qui rappelle l'aspect de synchronisme observé dans le modèle de Marks et al. (2001), peut être répétée de façon cyclique et être réinitialisée au besoin. Par exemple, une tâche peut souvent être subdivisée en plusieurs sous-tâches; dans ce cas, la séquence devrait se répéter à chaque fois qu'une sous-tâche est terminée. Le modèle de Rousseau inclut, au sein des quatre fonctions de régulation de la performance, les processus d'équipe les plus pertinents en situation de gestion de crise. La Figure 8 illustre le lien entre les processus d'équipe les plus appropriés pour la gestion de crise et les quatre fonctions de régulation du modèle. De plus, la séquentialité du modèle offre une certaine flexibilité qui s'adapte plus facilement à la réalité des situations de gestion de crise. En effet, contrairement aux modèles présentés précédemment, le travail d'équipe n'est pas représenté de façon linéaire. Le modèle se veut plutôt cyclique et dynamique, sans que les cycles soient reliés entre eux par le lien produits-données, comme dans le modèle IPO et le modèle des phases récurrentes de Marks et al. (2001). Ainsi, l'arrivée d'un changement inattendu dans l'environnement entraînera une reprise de la séquence préparation-collaboration-évaluation-(ajustement/collaboration).



*Figure 8.* Inclusion des processus d'équipes fondamentaux à la gestion de crise au sein du modèle des fonctions de régulation.

La structure dynamique du modèle reste toutefois à préciser et à valider empiriquement. L'objectif de la présente étude est de vérifier la validité empirique du modèle théorique. Pour ce faire, deux simulations de situation de crise, l'une en sécurité civile, l'autre en soins intensifs, seront utilisées. La validité empirique du modèle sera évaluée par l'observation des simulations, l'analyse des communications au sein de l'équipe et des analyses séquentielles. Si le modèle des fonctions de régulation est valide, les équipes les plus performantes devraient présenter les quatre fonctions dans l'ordre, c'est-à-dire: 1) préparation, 2) collaboration, 3) évaluation et 4) ajustement. Les équipes les moins performantes devraient quant à elles présenter une séquence différente, voire une utilisation aléatoire des quatre fonctions.

### **Questions de recherche, objectifs et hypothèses**

La présente thèse propose un examen approfondi du fonctionnement d'une équipe en situation de crise en tenant compte de la structure (hiérarchique ou décentralisée) et de la nature du travail qui y est exercé (tactique vs opérationnel). L'objectif principal est de valider empiriquement un modèle dynamique et intégrateur de l'efficacité du travail d'équipe, soit le modèle de régulation du travail d'équipe de Rousseau et al. (2006).

Le premier objectif de cette étude consiste à valider la nature dynamique du modèle de régulation de Rousseau et al. (2006) puisqu'il s'agit d'une caractéristique fondamentale du modèle. En effet, cette composante distingue le modèle de Rousseau et al. (2006) de plusieurs modèles descriptifs statiques (voir Arrow, McGrath &

Berdahl, 2000; Breton & Rousseau, 2004, pour une critique). Dans ce modèle, la séquentialité du travail d'équipe est dictée à la fois par l'environnement interne et par l'environnement externe de l'équipe. La reprise du cycle n'est donc pas uniquement tributaire du produit des actions précédentes, comme c'est le cas dans les modèles IPO et le modèle des phases récurrentes. En effet, selon ces modèles, seule l'atteinte d'un but ou d'un sous-but peut réinitialiser la séquence des processus d'équipe. Or, dans la réalité, des changements dans l'environnement peuvent nécessiter un changement de plan et moduler le recours approprié à certains processus d'équipe. Le modèle de Rousseau et al. (2006) tient compte de cette possibilité en offrant une séquence de fonctions indépendante du produit d'une tâche. La séquence des fonctions de régulation devrait certes être réinitialisée lors de l'atteinte d'un but, mais elle peut également se répéter à de nombreuses reprises lors de l'accomplissement d'un seul but. Le premier objectif de cette étude vise donc à préciser la nature séquentielle de ces fonctions de régulation dans un contexte de gestion de crise. L'hypothèse principale stipule que les équipes ayant principalement recours à la séquence de fonctions de régulation préparation-collaboration-évaluation-(ajustement/collaboration) performeront mieux que les équipes utilisant peu ou pas cette séquence, tel que stipulé par la théorie de l'action (Frese & Zapf, 1994). Donc :

- H1: Les équipes utilisant les quatre fonctions de régulation selon la séquence préparation-collaboration-évaluation-(ajustement/collaboration) présenteront une meilleure performance que les équipes utilisant les fonctions de régulation en suivant une séquence différente ou de façon aléatoire.

Le second objectif consiste à comprendre le rôle de la nature du travail à effectuer sur l'importance relative et la séquence des fonctions de régulation. Bien que certains principes du travail en équipe semblent universels, plusieurs s'entendent pour dire que les facteurs d'efficacité du travail d'équipe dépendent du contexte. Cette théorie revient aux concepts de base de la cognition située : les ressources intellectuelles sont interreliées aux ressources physiques de l'environnement et ne peuvent pas être considérées séparément (Norman, 1993). En effet, différentes tâches peuvent exiger plus ou moins de planification, de collaboration et d'adaptabilité. Par exemple, selon Price et al. (2001), plus la réalisation d'une tâche est influencée par des

facteurs imprévisibles (incertitude élevée), plus le travail d'équipe devient important pour s'adapter aux changements dans la situation. La pression temporelle est un autre facteur qui semble affecter de façon marquée les processus tels que la coordination et le suivi (Urban, Weaver, Bowers, & Rhodenizer, 1996). Le modèle des fonctions de régulation de la performance sera donc étudié sous deux domaines différents : la sécurité civile (tâche opérationnelle) et les soins intensifs (tâche tactique). Comme la nature du travail à effectuer diffère largement entre les deux domaines, il est possible que l'importance relative des fonctions diffère d'un domaine à l'autre.

Le travail d'une équipe de gestion de crise au sein d'un poste de commandement en sécurité civile est de niveau opérationnel, et le niveau d'interdépendance entre les tâches à accomplir est élevé. Aussi, la structure de la tâche est ambiguë, c'est-à-dire que les tâches à accomplir à un moment donné pour effectuer la tâche le plus efficacement possible ne sont pas claires (Devine, 2002; Man & Lam, 2003). Ces caractéristiques de la tâche de gestion de crise entraînent toutes un besoin de collaboration élevé au sein de l'équipe (Rousseau et al., 2006). De plus, comme la nature de la tâche à accomplir est largement fondée sur un partage d'informations, le recours à une coordination implicite est peu probable. Donc:

- H2a : Les équipes de gestion de crise en sécurité civile présenteront une plus grande proportion de collaboration que les autres fonctions.

Tels que mentionné précédemment, les situations de crise sont imprévisibles et l'environnement change rapidement, requérant une vigilance constante et un suivi serré de la situation de la part des équipes d'intervention. La fonction d'évaluation devrait donc présenter la deuxième fréquence la plus importante, puisque l'équipe doit être en mesure de répondre rapidement à tout changement de l'environnement.

- H2b : La fonction d'évaluation sera la deuxième fonction en importance en termes de proportion de communication.

La fonction d'ajustement devrait être un peu moins importante que les précédentes, puisqu'elle est dépendante à la fois de l'environnement interne et externe

de l'équipe. Ainsi, si aucun changement dans ces deux environnements ne se présente, la fonction d'ajustement ne devrait pas être utilisée par l'équipe. Par contre, comme les situations de gestion de crise se caractérisent par un environnement changeant, la fréquence de cette fonction devrait tout de même être élevée.

- H2c : La fonction d'ajustement occupera la troisième place en importance en termes de proportion de communications qui lui sont accordées.

Finalement, la fonction de préparation devrait être très peu observée en raison de l'immédiateté et de l'imprévisibilité caractéristiques des situations de crise, qui laissent très peu de place à une planification détaillée. De plus, l'existence de plans d'intervention détaillés comme le Firescope détermine à l'avance les objectifs de l'équipe et les rôles de chacun. Le besoin de préparation concrète est donc limité.

- H2d : La fonction de préparation devrait être la moins importante en terme de proportion de communication.

Contrairement au travail des équipes de sécurité civile, le travail aux soins intensifs est de niveau tactique. Les équipes doivent ici prendre et appliquer les décisions, ce qui nécessite ici aussi beaucoup de collaboration. Toutefois, les tâches de soins intensifs suivent souvent un protocole préétabli et bien connu des intervenants qui favorise la coordination de nature implicite et limite le besoin de communiquer. On ne devrait donc pas observer une prédominance de la fonction de collaboration comme en sécurité civile, mais plutôt une proportion similaire à celle de la fonction d'évaluation. En effet, en raison de la situation critique et instable du patient, il est attendu que la fonction d'évaluation soit aussi importante que la fonction de collaboration puisque l'équipe doit effectuer une surveillance constante de l'état du patient. Donc :

- H3a: Les équipes de SI présenteront une proportion de collaboration et d'évaluation plus importante que les deux autres fonctions de régulation.

Comme les équipes de soins intensifs sont très hiérarchiques, les décisions sont souvent centralisées. Le médecin résident et l'intensiviste sont souvent les seuls décideurs au sein de l'équipe, ce qui laisse peu de place aux discussions concernant la

préparation ou l'ajustement du plan. Pour ces raisons, les fréquences attendues sont légèrement plus élevées pour les fonctions de collaboration et d'évaluation, et plus faibles pour la fonction d'ajustement. La fonction de préparation devrait être quasi absente puisque l'équipe de réanimation est confrontée à une situation urgente.

- H3b : Les fonctions d'ajustement et de préparation devraient être beaucoup moins importantes en termes de proportion de communication que les deux autres fonctions de régulation.

### Division des chapitres

La présente thèse comporte quatre chapitres. Le Chapitre II décrit en détails la procédure expérimentale et les mesures employées pour tester les hypothèses. Le Chapitre III présente la première étude portant sur la gestion de crise en sécurité civile. Les hypothèses H1 et H2 y sont étudiées. Le Chapitre IV présente la seconde étude qui s'intéresse à la gestion de crise aux soins intensifs. Cette étude teste l'hypothèse H3. Finalement, le Chapitre V présente une discussion de l'ensemble de l'étude. La Figure 9 illustre la distribution des hypothèses entre les deux études.

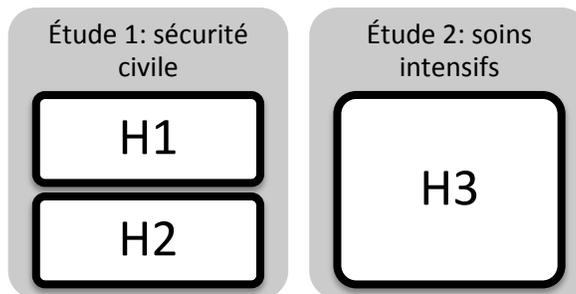


Figure 9. Distribution des hypothèses entre les deux études.

## **CHAPITRE II**

### **METHODOLOGICAL APPROACH : SIMULATION AND ANALYSIS OF TEAMWORK STRATEGIES**



Historically, three types of research have been used to study teamwork in crisis situations: field research, often identified as the qualitative case study or simply field studies; survey research; and documentary research (Stallings, 2007). However, those types of research are often hard to perform (for example, due to restricted access to the site, unpredictable nature of a crisis, and so on) and sometimes expensive to conduct (e.g., one must move to the disaster site, be accommodated on site, etc.; Stallings, 2007). Moreover, it is impossible in such conditions to control for confounding variables, reducing the validity and generalizability of the results. Laboratory settings are much less expensive to conduct, and allow for tighter control of the experimental variables. However, traditional laboratory experiments may not be the more appropriate for the study of teamwork. Indeed, teams are complex and dynamic systems, which evolve in an environment that is also complex and dynamic, particularly when intervening in CM. These notions of complexity and dynamism are very hard to operationalize with traditional laboratory experiments (Salas et al., 2008), and team functions may not be reflected as much as they would be under more realistic situations. Furthermore, even if the experimental approach of cognitive psychology has been effective for the assessment of fundamental cognition, the external validity of this approach has often been questioned; results obtained in laboratory settings do not always reflect real world. A less reductionist approach is desirable when studying complex functions like those observed in teamwork, particularly under such high pace condition as CM (see Klein et al., 2003). In this sense, a number of applied researchers and practitioners have proposed to move away from the classical micro-cognitive approach to the study of cognition and human information processing framework, and move towards a macro-cognitive approach in a more naturalistic context.

### **Functional Simulations of CM**

According to this naturalistic, macro-cognitive approach, a controlled replication of a CM situation under experimental conditions would be the ideal way to observe regulation functions occurring within a CM team. The use of a functional simulation would be the key as they represent the best compromise between the realism

of field study and the control level of traditional laboratory settings. This compromise would allow the observation of a more natural use of the regulation functions and its impact on team performance (e.g., Gonzalez et al., 2005; Granlund, 1998).

A functional simulation is an empirical approach that mimics a real world situation, while allowing for the manipulation of independent variables, the control of extraneous variables, and the possibility of replication. Functional simulations also increase operational relevance whilst using highly realistic simulations, allowing for the establishment of causal, rather than associative, relationships (Driskell & Salas, 1992; Dubé, Kramer, Tremblay, Breton, & Chiniara, 2011; Elliot, Dalrymple, Schifflet & Miller, 2004). This approach presents a balanced trade-off between internal and external validity (Brehmer, 2004; Lipshitz & Marmor-Pilowsky, 2004; MacMillan et al., 2004), with various degrees of fidelity (according to the type of simulation used). The three basic characteristics of functional simulations – complexity, dynamism, and opacity (Gonzalez et al., 2005) - allow for the creation of dynamic and complex situations that are highly suitable for the expression of complex team behaviours (Cooke & Shope, 2005) like the regulation functions, coordination behaviours, or team performance (Elliot et al., 2004). The first characteristic of functional simulation is complexity, which means that the system is composed of many interconnected processes. Therefore, there is not only one ‘correct’ way to accomplish the task (Jervis, 1998). The decision maker must take into account numerous goals involving not only the principal effect of his/her decision, but also a number of possible side effects for each possible decision (Brehmer, 2004). The second characteristic of functional simulations is dynamism, implying that a series of decisions need to be made, and each decision is influenced by the preceding one. In addition, the world in which the decisions occur evolves, both autonomously and as a consequence of previous actions (Brehmer, 1992). Consequently, participants need to make their decisions in real time. Finally, the opacity of functional simulation means that the actual state of the system cannot be assessed directly. Instead, participants may need to actively interrogate the system, and even then, may only understand a sub-part of it (Brehmer, 2004). Those three basic characteristics of functional simulations ensure a rich environment

favourable to the development, and the observation, of complex behaviours such as the regulation functions.

There are multiple types of functional simulation, varying in complexity and realism. Functional simulations may be as complex and realistic as a flight simulator, or as simple as a two dimensional, linear computer-based task (Gray, 2002), such as the Duress II microworld (a real-time, interactive thermal-hydraulic process control simulation designed to be representative of industrial systems), where only a couple of variables may be manipulated (Christoffersen, Hunter, & Vicente, 1998; Gonzalez et al., 2005). Each has their advantages and disadvantages, and the choice of a particular functional simulation should be made within the context of the research objectives (Ehret, Gray, & Kirschenbaum, 2000). Two types of functional simulations are used here – a microworld and a high-fidelity simulation. A general explanation of both types is provided, followed by an extensive description of each of the two functional simulations used in the present thesis.

### ***What is a Microworld?***

Microworlds are dynamic, computer-generated, laboratory environments within which participants interact to simulate conditions encountered in the field (Brehmer & Dorner, 1993; DiFonzo, Hantula, & Bordia, 1998; Funke, 1991; Omodei & Wearing, 1995). They are relatively simple to use for the study of complex behaviours and team cognition functions (Brehmer, 2004), such as the regulation functions of Rousseau et al.'s (2006) model. Microworlds are optimal tools for research involving complex and dynamic situations in which ethical, practical, or logistical considerations limit the possibility for field observations (e.g., Ekker, Gifford, Leik, & Leik, 1988), and where it is possible to elicit participant interaction with a computer (Brehmer & Dorner, 1993; DiFonzo et al., 1998; Omodei & Wearing, 1995). The study of teamwork in CM is then a perfect candidate for the use of a microworld. As CM occurs in complex situations, it requires a sequence of interdependent decisions made in real time (Brehmer, 1992), in an environment that is constantly changing according to the decisions made, and/or independently of those decisions (Edwards, 1962). Moreover, CM often comes with high risks, both for the CM team and for the population affected by the crisis. As

microworlds offer a compromise between mundane realism and experimental control (Gonzalez et al., 2005), they enable experimental research in CM in a secure environment.

Usually, microworlds present a low level of physical validity; including only the basic characteristics of the real task (Martin, Lyon, & Schreiber, 1998). This provides a high level of tractability and experimental control and allows for the identification of possible causal links between the performance of the team and their use of the regulation functions of Rousseau et al.'s (2006) model (Gonzalez et al., 2005; Tremblay, Jobidon, & Lafond, 2006). As physical representation alone does not ensure high external validity, the low physical validity of microworlds is of little importance, as long as the scenarios are realistic enough to provide a good level of functional fidelity (Elliott et al., 2004). This is particularly true in studies like this one, where the objective is not to test physical aspects of the tasks - like a new device or the physical disposition of the team in a room (Elliott et al., 2004) - but rather to test team processes. In addition, according to Brehmer (2004), for microworlds to be a useful tool for understanding human behaviour, they must be a simplification of the real-life situation, and they must be designed so that it is possible to observe what the researcher needs to observe. As the focus here is to capture and assess aspects of teams' cognition and performance, interfaces and procedures should be as simple as possible to keep the focus of attention on higher-level functions. This is realized by representing particular aspects of performance, roles, responsibilities and task characteristics, benchmarked with regard to cognitive complexity. This approach is called psychological fidelity (Elliott et al., 2004). Psychological fidelity will ensure a high level of engagement from participants (experimental realism; DiFonzo et al., 1998), and highlight cognitive processes similar to those at work in the real world.

As stated previously, microworlds are very simple, which facilitate experimental control. It also allows the simulation to be performed by anyone; not only by experts. Microworlds are particularly useful when the simulated task is hard to reproduce, or represents a high level of risk, as in CM. As only the basic aspects of the task are integrated in the microworld, results can be generalized to other similar

situations. Unfortunately, microworlds do not allow for automatic generalization however similar they may be to the real situation. Generalization is possible only if the theory that is derived or supported by the study is valid both for the microworld, and for the situation of interest outside the laboratory (Brehmer, 2004).

### *The C<sup>3</sup>Fire Microworld to Study CM in Homeland Security*

The use of a microworld to study teamwork in CM seems to offer an ideal compromise between safety, experimental control, and realism. Various microworlds are available on the market, some better suited to teamwork in CM than others. We chose the C<sup>3</sup>Fire microworld for a number of reasons presented below.

The C<sup>3</sup>Fire microworld is a command, control and communication (C3) simulation environment (Granlund, Johansson, & Persson, 2001), which has been used extensively in previous research on network based C2 (Artman & Wearn, 1999; Granlund, 2003; Johansson, Persson, Granlund, & Mattsson, 2003). In C<sup>3</sup>Fire, a team of two to 12 people has to manage limited resources (i.e., human and material) during a major forest fire event in a populated area. The forest fire-fighting domain is actually of secondary interest (Granlund, 2003). It was chosen because it creates a dynamic environment, and reproduces a simplified version of the work involved at a tactical level in a homeland security or a military emergency situation, such as the division of labour (Granlund, 2003). C<sup>3</sup>Fire is of particular interest to teamwork in CM research because it requires team tasks such as planning, cooperation, and coordination of actions and plans. The system generates a task environment that is complex, dynamic and opaque, just like the cognitive tasks that crisis managers normally encounter in real-life crisis situations (Lindgren & Smith, 2006; Trnka, Johansson, & Granlund, 2005). C<sup>3</sup>Fire is designed to: 1) achieve an optimal compromise between internal and external validity; 2) show flexibility in scenario configuration (i.e., there is a wide spectrum of units and roles; Tremblay et al., 2010), 3) allow researchers to capture emergency response, CM and rapid response planning; 4) be highly configurable for testing many different types of teams (e.g., hierarchical vs. horizontal organizations); and 5) readily provide objective, non-intrusive metrics for assessing teamwork effectiveness (including macrocognitive functions and team processes) as well as

quantitative measures of task performance that take into account conflicting mission goals.

The flexibility of C<sup>3</sup>Fire permits the design of various scenarios and the customization of both the content of the interface and its layout. The structure of the team and the resources on the field, the time pressure, and the degree of uncertainty and stress may all be configured based on the objectives of the study (Lafond, Tremblay, Dubé, Rousseau & Breton, 2010). The parameters of a scenario are defined in easy to use XML files. The XML file defines general properties of the situation such as the size/position of elements on the interface, the specific coordinates of objects (e.g., houses, trees), the number of players and number/types of units that they control, etc., as well as various scripted events such as new fires and changes in wind strength and direction. This is particularly useful for customizing and fine-tuning task difficulty and for allocating various roles to each player. The ability to add sudden and unexpected events to a scenario is also an important feature, allowing researchers to study team adaptation, monitoring effectiveness, and so on. The information tools and the user interface of the participants can also be individually defined. The user interface of C<sup>3</sup>Fire includes multiple panels that may vary, according to the simulation needs (e.g., time, wind, position, unit information, mail, diary, etc.), and a Geographic Information System (GIS) on which the simulation takes place. During a session, the C<sup>3</sup>Fire simulator updates the GIS to illustrate the evolution of the situation (Granlund, 2003). The simulation includes a forest fire/fires, geographical objects (e.g. lakes, houses), different kinds of vegetation, and computer-simulated agents, such as fire-fighting or water tanker units for example, all interacting together (Granlund, 2003). The organization and the communication structures can be set up differently in accordance with the specific research goal (Granlund, Johansson, Trnka, & Granlund, 2009).

The fire model in the simulation generates a forest fire with the characteristics of complex adaptive systems (i.e., self-organization and non-linear growth). The situation evolves autonomously over time but the actions of the team modify the “natural” course of events. The C<sup>3</sup>Fire microworld is distributed in a client-server configuration, meaning each participant involved in the simulation works at his/her

own client PC (Johnsson et al., 2003). All actions are logged in the C<sup>3</sup>Fire system and the logged information is detailed enough for quantitative analysis and playback of the whole session (Johnsson et al., 2003). All the screens, belonging to the experimenter and participants, are recorded with Morae Recorder. This allows a post hoc assessment of the participants' behaviours and communication.

### *Configuration of C<sup>3</sup>Fire for the Present Study*

As stated previously, C<sup>3</sup>Fire offers a wide range of possibilities in terms of design. For the present study, only a subpart of the units, geographical objects, and panels were used. They are presented in Table 2. This section describes the design used for this study.

For this study, three geographically distributed participants were asked to work in team to constrain a major forest-fire happening in a populated area. As in real CM situations, the team had to reach conflicting goals, and «prioritize among priorities» the allocation of resources. Indeed, they were asked to prevent all houses to catch fire while restraining the spread of the fire as much as possible. The conflict happens because saving houses geographically distant to the actual position of all the units requires a great deal of time (units move rather slowly) during which they are not extinguishing burning cells. Consequently, the fire grows bigger and may, in time, become a threat to even more houses. To attain its goals, the team has to manage a group of units composed of six firefighting (FF) units and six water tankers (WT). The distribution of the units among team members varies according to the team structure that is randomly assigned to the team (functional vs. cross-functional). Figure 10 and 11 show the unit distribution among participants, according to the structure. In the functional structure, in accordance to CM tradition, participants were assigned a particular role, favouring specialization of team members. Participant X was a resources chief, responsible for the six WT. Participants Y and Z, who shared the role of operation chief, controlled three FF each. In the cross-functional condition, participants controlled both types of unit, so participants X, Y and Z were responsible for two FF and two WT each. In order to encourage the need for all teammates to coordinate their actions, there was no central coordinator or commander (though this

role is frequent in CM teams). Team members communicated verbally, using a separate Teamspeak application.

Table 2

*Description of Units, Geographical Objects and Panels Used in the Experimental Scenarios.*

<b>Category</b>	<b>Type</b>	<b>Description</b>
Units	Firefighters (FF)	Extinguish fires Use 20 units of water per fire Visual field of 3x3 cells
	Water Tankers (WT)	Provide water to firefighters Refill themselves in lakes Visual field of 3x3 cells
Geographical objects	Lakes	Where Water Tankers units refill
	Houses	Represent populated area First priority of the team
Panels	GIS	40x40 cells matrix on which the fire simulation takes place
	Roles	Panel describing each team member's role
	Unit Info	Information about the state of each unit (active, inactive, refilling, preparing, extinguishing fire or moving) Information about the water level for each unit
	Wind	Indicates the strength and direction of the wind
	Object palette	Provides a brief description of the icons on the map (lake, house)
	Fire palette	Provides a brief description of the possible states of a cell (clear, on fire, closed out, or burned out)

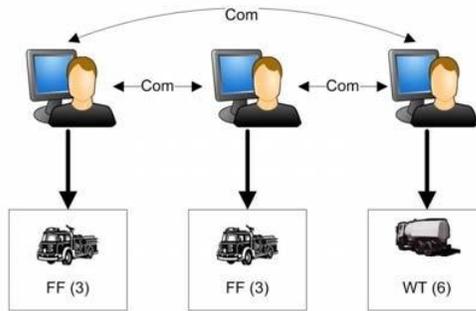


Figure 10. Functional team structure.

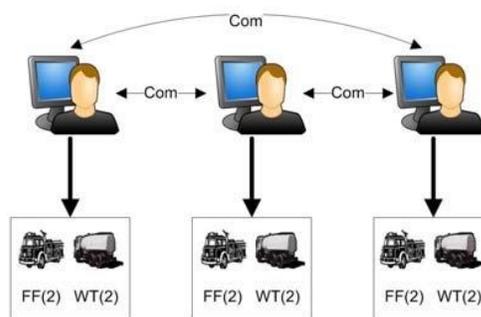


Figure 11. Cross-Functional team structure.

Units in C<sup>3</sup>Fire are partially autonomous agents; they need to be dispatched to specific locations to do their work. Players must select the unit and drag its icon to the desired destination. FF units must be dragged on a burning cell. Once the unit has reached the desired location, the firefighting occurs automatically. As the reservoir of the FF units contain just enough water to extinguish one cell, they have to be frequently refilled by a WT unit. To do so, both units (FF and WT) have to be on adjacent cells. Then the refill can automatically take place. Each WT unit's reservoir can contain enough water for two refills. Once they are empty, they have to move to a cell adjacent to a lake (four were present on the map), where, once again, the refill takes place automatically.

Four experimental scenarios were used in this study. All scenarios took place on a 40×40 matrix where the fire was visible by every team members. Figure 12 shows the C<sup>3</sup>Fire screen of the participants. Each scenario lasted 15 minutes, and contained two sudden and critical environmental changes. These changes could be either a new fire, or an important change in the speed and direction of the wind. Table 3 lists the nature

and time of the changes. Participants could not see their teammates' units unless they were within the 3×3 visual field surrounding one of his/her units.

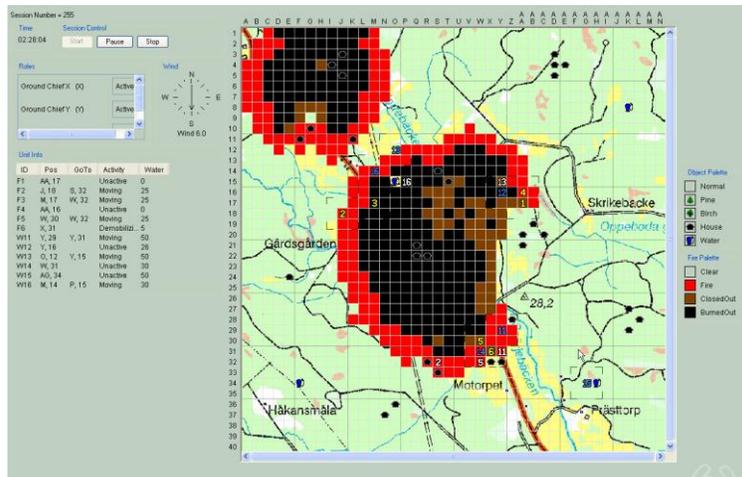


Figure 12. Interface of the participants.

Table 3

*Critical changes in C<sup>3</sup>Fire for each scenario*

Scenario	Critical change 1 After 4 minutes	Critical change 2 After 10 minutes
T1	Fire	Fire
T2	Fire	Wind
T3	Wind	Wind
T4	Wind	Fire

### *Development of the Scenarios*

For this study, four experimental scenarios were used. At first, each of them was run only with the fire and the critical changes (no units) to obtain a picture of the basis fire (needed for some analysis). The starting fire, the critical changes and the variables of the simulation (units' preparation time and moving speed, time to extinguish a fire, cells' time to catch fire and burn out, size of the fire at the beginning, etc.) were adjusted so the task would be highly demanding, yet not too hard to prevent

team discouragement. Those variables were first set by the team of experimenters. Once a first set of variables was defined, it was tested with subjects who had no experience with C<sup>3</sup>Fire. A quick interview followed the simulation to assess the degree of involvement of the participants throughout the scenarios. They were also asked if they noticed the time at which the critical changes occurred, and if they were expecting them by the last scenario. No participant ever noticed the concordant time of occurrence of the critical changes across scenarios. According to the results of the interviews and the performance in the simulation, the variables of the simulation were adjusted. This was performed multiple times, until five teams felt (and expressed through performance) the level of difficulty wanted by the experimenters.

Once the final settings were obtained, the geographical objects - the houses and the lakes - were positioned on the map. The houses were placed in four specific burning zones: burned out by the starting fire, burned out by the first critical change, burned out by the second critical change, and the safe zone, that the fire never reach. Overall, 30 houses were placed on the map for each scenarios. Table 4 shows the distribution of houses throughout the four burning zones. Less houses were placed in the first critical change zone than in the initial fire zone, and even less in the second critical change zone, because of the size of the zones. The houses were placed in groups of four, three, two and one. The lakes were placed in the safe zone.

Table 4

*Distribution of the houses within the four burning zones*

<b>Burning Zone</b>	<b>Number of houses</b>
Initial fire	10
First critical change	6
Second critical change	4
Safe zone	10

### *High Fidelity Simulation of ICU*

Microworlds are very useful in an operational task, like in homeland security. However, at a more tactical level, where the task is both cognitive and physical like it is the case in ICU, microworlds may not be the most suitable tools for the study of teamwork. Study of teamwork in real-life ICU is not a good choice either, as controlled and systematic study in such context is rarely achievable, for both logistical and safety reasons (Hunziker et al., 2011). As such, to study teamwork in an ICU context, the use of a high fidelity simulation (HFS) may be more appropriate. Indeed, recent studies of cardiopulmonary resuscitation (CPR) based on HFS found qualitative and quantitative similarities with real cardiac arrests (Abella et al., 2005; Chan, Krumholz, Nichol, Nallamothu, 2008; Wik et al., 2005), as well as expanded the understanding of team processes during CPR (Hunziker et al., 2011).

A HFS represents an accurate imitation of a real world task, in a secure setting (Gray, 2002; Manser, Dieckmann, Wehner, & Rall, 2007). Those simulations present numerous variables, making them highly complex, but also favouring the observation of even more natural behaviours than what is observed with microworlds. They offer a high level of mundane and experimental realism, enhancing engagement of the participants. Realistic scenarios are usually created by subject-matter experts, which provide both a high level of functional and psychological fidelity, and the possibility for replication (Hunziker et al., 2011). Reproducibility enables internal reliability in randomized studies. This offers the opportunity to unravel patient factors from team factors, thus isolating them for study. HFSs offer a little less control for confounding variables than microworlds, but still provide a fair level of experimental control (through control of some variables, randomization, and replication). Because of the highly realistic environment and the high level of psychological fidelity, the behaviours, cognitive processes and stress level observed in HFSs are quite similar to those observed in a natural setting (Driskell, Salas, & Johnston, 1999; Ellis, 2006; Yaeger et al., 2004). Therefore, the use of the regulation functions that a team does under HFSs should approximate what we would observe in reality. Because stress can have a negative impact on the effectiveness of teamwork (Ellis, 2006), a high level of commitment from participants can be a major asset in terms of methodology. Although

perhaps not as pronounced as a real emergency situation, perceived stress and emotional and motivational involvement of participants in HFS have been proven fairly high (Hunziker et al., 2009; Muller et al., 2009). Unfortunately, although the realism of a HFS is very high, it does not allow for direct generalization either (Issenberg, McGaghie, Petrusa, Lee Gordon, & Scalese, 2005). As it is the case with microworlds, only a strong underlying theory permits the generalization of the observations to real world.

We used a HFS to validate the Rousseau et al.'s model (2006) in an ICU setting. Unlike the Homeland Security management team (studied through C<sup>3</sup>Fire), the ICU task presents an important physical aspect, in addition to the cognitive work. They make decisions, and physically apply them, acting directly on the patient, so physical validity is important here. The use of a HFS is then more suitable than a microworld, because it presents a much higher level of physical validity, allowing the manipulation of the patient, as in real life.

#### *The Apprentiss High Fidelity Simulation to Study CM in ICU*

The HFS Apprentiss Center of Laval University is a training and research center representing, with a high level of realism, the various departments of a hospital. The Center includes multiple simulation rooms, including an emergency room, an operating room, an intensive care room, and more. The Apprentiss Center creates a highly believable environment that increases the commitment level of the participants and combines the conduct of CM behaviours with the technical skills required in acute care setting (Fanning et al., 2013). The simulation rooms are equipped with high fidelity mannequins METI (CAE Healthcare): An anatomical representation of a human being that responds in a coherent pathophysiological and pharmacological manner to the manipulations of the medical team (Tsai, Harasym, NijssenFordan, Fennett, & Powell, 2003). The mannequin and monitors are partially controlled by trained experimenters who respond consistently to the actions of the medical team within the context of the scenario. The medical apparatus and supplies are all fully functional, so the participants rarely need to pretend to do some actions (e.g. the medication vials are sealed and identified as in real life, the sterile plates for pulmonary drain are fully wrapped). The

cardiac monitor is an IntelliVue MP60 (Philips Healthcare), the most common one in the Quebec City area. It is controlled by the experimenters who can simulate cardiac arrhythmia, desaturation, and so on. The cardiac monitor works just as if it was connected to a real patient, so the participants never realize that it is manually controlled. All the functionalities are available: a CO<sub>2</sub> sensor, an internal temperature probe, a central venous pressure captor, a Doppler captor and a SwanGanz. The AVEA® (CareFusion) ventilator and the ZOLL® M Series® (Zoll) defibrillator are not controlled by the experimentation teams and both react as if they were used on a real patient.

An adjoining room serves as a control room where technicians can monitor and coordinate the simulation. Simulations are conducted by a crisis management specialist and by two technicians working regularly at the Apprentiss Center. Team activity is recorded in the simulation room using three video cameras and six individual microphones. Figure 13 shows the ICU simulation room of the Apprentiss Center.



*Figure 13.* ICU simulation at the Apprentiss Center.

#### *Configuration of Apprentiss*

Ten ICU teams of six professionals from l'Enfant-Jésus and l'Hôtel-Dieu hospitals, in Quebec City, were individually invited for an « Advanced Cardiac Life Support » and emergency situations in ICU (ACLS) training at the Apprentiss Center. The training served as a basis for the study. The experimental aspect of the simulation was managed by an experimentation team, composed of an experimenter and two

technicians of the Apprentiss Center trained for the experiment. The training and experimentation was taking place on two days: a first full-day followed, three months later, by half a day.

The first day started with a brief introduction in the debriefing room. The participants were asked to put on an ICU scrub as well as a hat. The hats were color coded according to the participant's role (e.g. dark green for the primary nurse, light green for the secondary nurse, blue for the respiratory therapist). A standardized 20-min visit of the simulation room followed. During this period, the participants were invited to get familiarized with the physical space, location of the material, and the functioning of apparatus that might be new to them. This familiarization period was followed by a 25-min practice scenario and three 25-min test scenarios. The familiarization period was not recorded.

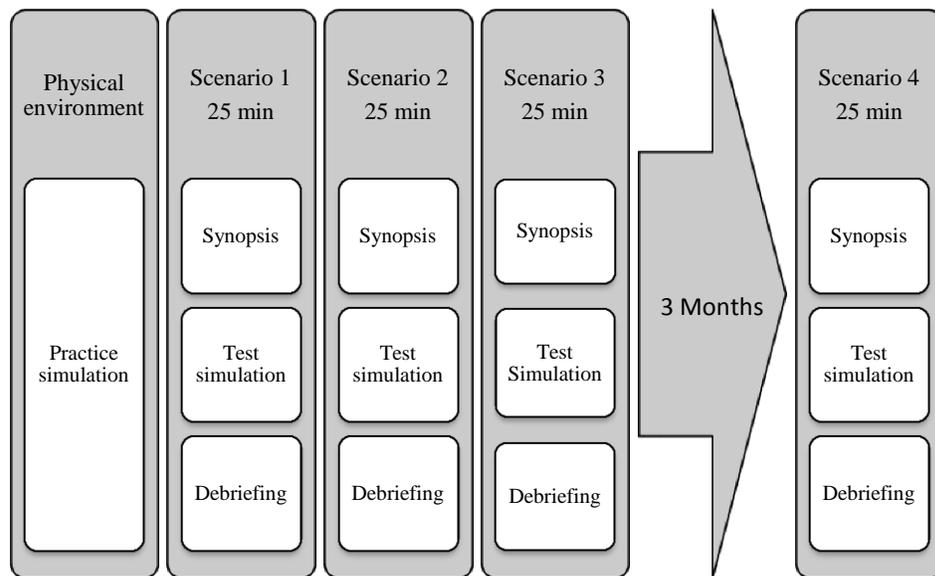


Figure 14. Apprentiss' experimental design.

Before each scenario, the participants received a written introduction describing the actual state of the patient (information they would possess about their patient in real life). They had four minutes to read and retain the information relevant to the case. A debriefing was given between each scenario for training purpose. Three technicians were present to run the simulation; answer questions about the actual state of the

patient (e.g., I am looking at the patient's skin, do I see something?) and play the role of external consultants requested by the team (e.g. radiologist, cardiologist). At the end of the day, a questionnaire about demographics information was answered by each participant. The second training and experimentation day occurred three months later to perform a final test scenario. Figure 14 illustrates the experimental design for this study. As the communication analysis of the scenarios is highly time consuming, only the last scenario of the first day of training and experimentation is studied here.

#### *Development and Selection of the Scenarios*

Four scenarios were developed by a group of experts in ICU and simulation of the Apprentiss Center. All the scenarios take place around the theme of emergency situation in ICU and are based on the same algorithms. Every scenario begins with a critical situation where a targeted treatment must be undertaken immediately. Although the outline of the scenario is pre-established, the actual course of the scenario is mostly dictated by the quality of the team's decisions and actions. However, only one scenario was used in this study. The communication analysis of the scenarios is a highly time consuming task, particularly in a simulation like Apprentiss. Here, six people are talking simultaneously, and identifying the conversation is a hard process, but it provides a large quantity of information. Therefore, it was decided that only one scenario would be used for this study. The choice of the scenario was made based on the level of difficulty and the position in time of the scenarios.

The level of difficulty of all the scenarios was assessed through a subject matter expert evaluation: 23 SMEs in ICU simulation read the synopsis and estimated the level of difficulty. The evaluation sheet is presented in Table 5. The total difficulty level of a scenario resulted in a score ranging from zero to 50, where 50 would be the most difficult level possible for a scenario. Table 6 presents the results of the difficulty level analysis. Results show that the scenarios one and three were a little harder than the scenarios two and four.

Table 5

*Scenarios' Difficulty Evaluation Sheet*

<b>Criteria</b>	<b>1 Very easy</b>		<b>2 Easy</b>		<b>3 Moderate</b>		<b>4 Difficult</b>		<b>5 Very Difficult</b>	
Complexity of the situation										
Development of the differential diagnosis										
Difficulty to establish the final diagnosis										
Difficulty to clinically confirm the diagnosis										
Level of mental workload (management of the clinical situation)										
Development of the treatment plan										
Burden of the leader's task										
Burden of the team's technical task										
Overall Difficulty	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Table 6

*Results of the analysis of the difficulty level for each scenario*

---

<b>Scenario</b>	<b>Level of difficulty (/50)</b>
Scenario 1	36.13
Scenario 2	28.43
Scenario 3	32.52
Scenario 4	28.17

---

The average level of difficulty for the four scenarios is 31.31. The results show that scenarios two and four were easier than scenarios one and three. According to the level of difficulty observed, it was decided that the scenario three would be used for this study. The choice was based on two reasons. First, the scenario three presents the observed level of difficulty (32.52) the closest to the average level of difficulty (31.31), so it offers a good representation of the whole study. Moreover, this level of difficulty is high enough to observe differences in performance between efficient and non-efficient teams (a ceiling effect was less likely than with an easier scenario), but not too hard either, to prevent a floor effect. The second reason why the scenario three was chosen is because of its strategic temporal position. Scenario three was the last to be performed on the first day of simulation. By then, the teams were familiar with the physical environment (new apparatus, localization of the material), and were accustomed to the simulation, so they were less likely to feel intimidated by the cameras and microphones and were more engaged in the simulation than they were at the beginning of the day. Scenario three was a more strategic choice than scenario four because three months separated scenario four from the three other scenarios. The team lost some of their confidence in the simulation environment by then. Plus, some participants dropped off and were replaced by new participants. These new people were not familiar with the experimental environment, which might have impaired team performance and team interactions.

The pre-intervention simulation synopsis of scenario three describes a 32 years old patient transferred to the ICU the previous day for a severe pneumonia with a suspicion of Influenza. The actual diagnosis is an idioventricular rate caused by a hyperkalemia and an acidosis (rhabdomyolysis by streptococcus beta-hemolytic), with an allergic reaction to Dilaudid. The case evolves according to the intervention of the team, but follows a general synopsis. The synopsis for scenario three is presented in Annexe A.

### **Measures and Analyses of Teamwork**

To assess the validity of the regulation functions model, we need to be able to observe each function in time, as well as indicators of team performance. This should

be achieved in an unobtrusive, automatic and objective manner; embedded into the simulation environment itself. This prevents any drop in team performance, or any shortage in the use of the regulation functions by the team. Indeed, intrusive methodologies may alter the team performance and teamwork in many ways, through the effect of interruption for example. The metrics used in this research integrate cognitive, social, and organizational science methodologies. The combination of objective and subjective measures from various horizons provides a deep insight into teamwork in crisis management. This rich source of information will allow a better understanding of the link that may exist between team performance and the regulation function model by highlighting multiple facets of teamwork.

For the most part, the same measurement methodology is used for both simulations (C<sup>3</sup>Fire and Apprentiss). Communication analysis is used to observe the regulation functions within the team, and the performance measures are of the same nature. Indeed, situation specific measures embedded into the simulation were developed for each simulation, based on relevant literature. Both performance measures are therefore tailored to the simulation, taking into account key aspects of the task and providing the most accurate picture of team performance. The following section will provide a general description of the communication analysis methodology used for the two studies. The analysis will then be described in more details for each of the studies.

### ***Communication Analysis***

Team cognition is often measured in terms of the summation of the individual cognition of team members. However, the deterministic laws linking the micro-level of individual team member cognition to the macro-level of team cognition are not known, and not necessarily straightforward (Gorman, Cooke, & Winner, 2006). Moreover, this collective approach to aggregation implicitly assumes that the team members are homogeneous, so team cognition is seen as a simple collection of individual cognitions. This assumption of homogeneity is considered by many researchers (Cooke & Gorman, 2006; Kiekel, Cooke, Foltz, Gorman, & Martin, 2002; Kiekel, Cooke, Foltz, & Shope, 2001) as largely inappropriate. Indeed, in most teams, the members are highly specialized, hence the heterogeneous nature of teams (Cooke & Gorman, 2006).

Further, this approach of simple aggregation tends to focus on the cognitive structure inherent in teams more than cognitive processes such as regulation functions (Cooke & Gorman, 2006).

To obtain a measure of team cognition as accurate as possible, one should see team cognition as an emerging entity, coming from the team as a whole, and not as the sum of its component team members (DeChurch & Mesmer-Magnus, 2010; Dubé, et al., 2011). Ideally, team cognition should be measured holistically at the system-level, considering the team as a single unit of analysis (Cooke, Salas, Cannon-Bowers, & Stout, 2000; Gorman et al., 2006; Guastello, Bock, Caldwell, & Bond, 2005; Guastello & Guastello, 1998). According to this view, inspired by Gestalt psychology (Cooke et al., 2000; see also “collective cognition,” Gibson, 2001), team cognition is an emergent property of team member interactions (Gorman, 2005; Gorman et al., 2006). Indeed, it is not the component team members, but their interactions that explain the most variance in effective team cognition (Cooke, Gorman, Duran, & Taylor, 2007). Team cognition could then be best observed through team communications and coordination behaviours (Cooke et al., 2007). Indeed, team communication is considered by many researchers as a «direct window» to team cognition, mainly because communications are seen as serving, within the team, the same functions as cognitive processes do at the individual level (Kiekel et al., 2001). Moreover, the output of communication analysis is highly analogous to individual verbal reports (Kiekel et al., 2001). Indeed, communications occur naturally in most team tasks, and can thus be thought of as a sort of naturally occurring “think-aloud” (Cooke et al., 2006). Many researchers have relied on communication analysis for understanding the cognitive demands and constraints in various task domains in order to generate team-oriented theories of task acquisition and/or performance (e.g., Achille, Schultz, & Schmidt-Nielson, 1995; Gorman, Cooke, & Kiekel, 2004; Kanki & Foushee, 1989). Moreover, communication and coordination behaviours are for the most part directly observable (Cooke et al., 2007), and therefore, analysable.

The objective of communication analysis is, most of the time, to identify performance determinants in various contexts (Fischer, McDonnell, & Orasanu, 2007).

Behaviour observation and communication analysis are being used more and more within various research domains (e.g., Gottman, Markman, & Notarius, 1977; Keefe, Wilkins, & Cook, 1984; Ramey, Tarulli, Frijters, & Fisher, 2009). Observation and communication analysis consist of classifying predetermined aspects of a communication flux according to predetermined mutually exclusive categories. From there, multiple kinds of analysis can be performed, one of the most useful being content analysis of communication.

### *Content Analysis*

Content analysis is an unobtrusive scientific tool for making replicable and valid inferences from verbal, visual, or written data to the contexts of their use, involving a set of specialized procedures (Krippendorff, 2013; Downe-Wamboldt, 1992). Initially content analysis focused solely on manifest content (Graneheim & Lundman, 2004) of text or speech to provide an objective, systematic and quantitative description (Berelson, 1952). Currently, interpretation of latent content – underlying meaning of the communication - is also widely used in research (Graneheim & Lundman, 2004; Krippendorff, 2013). According to Graneheim and Lundman (2004), and Krippendorff (2013) a text always involves multiple meanings and there is always some degree of interpretation when approaching it, making manifest content analysis incomplete in nature. However, manifest content analysis is still used today, and the type of analysis chosen depends on the focus of the study and the research question at aim. Indeed, content analysis has its own approach to analyzing data that stems largely from how the content is regarded. However, no matter the focus of the analysis, a general systematic approach in eight steps has been proposed by Downe-Wamboldt in 1992, and is still used today (Krippendorff, 2013). As mentioned by Done-Wamboldt (1992), there are many different ways to perform a content analysis. Still, the procedure usually encompasses the eight general steps presented in Table 7 and described in more details thereafter.

Table 7

*The eight steps of content analysis*

<b>Step</b>	<b>Description</b>
1. Selecting the unit of analysis	Choosing on what the codification will be applied  May be words, sentences, etc.
2. Creating and defining the coding scheme	Developing codes according to underlying theory  Providing an extended description of each codes
3. Pretesting the coding scheme	Coding a sample of communication to highlight inconsistencies and misunderstanding of the scheme
4. Assessing reliability and validity	Assessing stability and replicability  Verifying that the coding scheme measures what it is supposed to measure
5. Revising the coding scheme if necessary	Making adjustment according to the pretest, the reliability and the validity assessment
6. Pretesting the revised coding scheme	Recoding a sample of the communications using the revised coding scheme
7. Coding the data	Giving a code to each unit of analysis of the data set
8. Reassessing reliability and validity	Assessing stability and replicability  Verifying that the coding scheme measures what it is supposed to measure

The first step in content analysis, and one of the most important steps, consists of selecting the unit of analysis. The units of analysis are wholes (constellation of words, statements, paragraphs, and even whole book or conversation) that relate to the same central meaning, related to each other through their content and context, and that

analysts distinguish and treat as independent elements (Graneheim & Lundman, 2004; Krippendorff, 2013; Holsti, 1969). The choice of a unit of analysis is guided by the objectives of the study. The unit of analysis most generally includes words, sentences, paragraphs, or even whole text. The choice of a unit of analysis may also take into account the amount of space and time given to a topic (Downe-Wamboldt, 1992). Units of analysis are distinguished to be separately coded (Krippendorff, 2013). The wholeness of a unit of analysis is then essential: a unit of analysis has to be independent in itself, and may not be further divided in the course of an analysis. Physical definitions of units demand that their boundaries do not overlap (Krippendorff, 2013), otherwise, the coding and the following analysis would be compromised.

The second step of content analysis is the creation of a coding scheme. A coding scheme is composed of a various number of codes, or categories, developed by the researcher to generate knowledge and to increase understanding of a particular phenomenon (Downe-Wamboldt, 1992). Codes can be seen as a tool allowing multiple coders to interpret communication with the same perspective (Graneheim & Lundman, 2004; Coffey and Atkinson, 1996) as codes are groups of content artificially created that shares a commonality (Krippendorff, 1980) and offers a particular and original perspective to analyze the data (Graneheim & Lundman, 2004; Downe-Wamboldt, 1992). The development of the coding scheme is based on the research question and its underlying theory, but also on the unit of analysis, the existing literature, and the nature of the data (Downe-Wamboldt, 1992). For a coding scheme to be efficient and valid, it has to clearly define the critical attributes of each code and distinguish the similarities and differences between them (Downe-Wamboldt, 1992). A good coding scheme has been defined as being composed of codes that are internally homogeneous and externally heterogeneous (Patton, 1987). Krippendorff (2013), as well as Downe-Wamboldt (1992), talks about two requirements: 1) being mutually exclusive and, 2) being exhaustive. Krippendorff (2013) defines exhaustive as “the ability of a data language to represent all recording units, without exception”(p. 132) and mutually exclusive as “the ability of a data language to make clear distinctions among the phenomena to be recorded“ (p. 132). This is important, not only because of the requirements of subsequent statistical analysis and conceptual clarity, but also to

guarantee that the results represent communication fully and unambiguously (Babbie, 1986; Krippendorff, 2013; Polit & Hungler, 1991; Weber, 1985). Certainly, problems will arise with ambiguous definitions of codes, like poor inter-rater, and even intra-rater reliability (Downe-Wamboldt, 1992). However, when there is high agreement on the definitions of the codes, and a conceptual framework for content analysis describing clearly the coders' role and the specialized methods to be used is available and understood clearly by the coding team, then there are fewer problems with coding the data and results are reliable (Krippendorff, 2013; Downe-Wamboldt, 1992). Although the coding scheme and its associated conceptual framework should preferably be understood as written, it is typical for researchers to provide additional training in using the coding scheme (Krippendorff, 2013). Extensional lists can also become an asset for coders, particularly when the concepts associated with some codes are difficult to explain to coders. Extensional lists integrate all the instances that define each code and provide clear examples relevant to the context of the communication to be analysed (Krippendorff, 2013).

The third step when analysing content of communication is pretesting the coding scheme. This is done by selecting a small sample of communications and carefully pre-coding it to determine if the coding scheme, as well as the conceptual framework, is clear enough to be applied extensively by the coders (Downe-Wamboldt, 1992). Communications that are hard to code will provide insights for adjustments to the coding scheme. The adjustments can be done by clarifying ideas with other experts in the field, comparing items in the data that are similar, thinking of like and unlike cases, and listening to others' ideas in order to get the best possible understanding of the codes. Moving back and forth between the data and the output of content analysis permits a progressive refining and validating of the coding scheme (Downe-Wamboldt, 1992).

The fourth step, assessing reliability and validity, can be done in synchronization with the previous one, pretesting the coding scheme, if needed. It is, indeed, typical for analysts to perform reliability tests during the development of the coding instructions until the reliability requirement is met (Krippendorff, 2013).

Reliability assures results that are independent of the measuring event, instrument or person (Krippendorff, 2013). Reliable data, by definition, are data that remain constant throughout variations in the measuring process (Kaplan, Abraham, and Goldsen, 1965). In content analysis, stability and replicability are the most pertinent types of reliability (Downe-Wamboldt, 1992). Stability (intra-rater agreements) is the degree to which a process remains the same over time (Krippendorff, 2013). It is measured with test-retest; one coder recodes the same communication sample after some time has passed (Krippendorff, 2013; Downe-Wamboldt, 1992). The extent to which the results of the codification are consistent over time can be ascertained with the Cohen's Kappa for nominal data (Weber, 1985). If the results of reliability testing are conclusive, the coders may proceed with the analysis of the whole set of data (Krippendorff, 2013). However, important variation in time, or intra-rater disagreement, may occur. They are usually due to insecurity, inattentiveness, inattention, or difficulties in understanding instructions or coding scheme (Krippendorff, 2013). If this is the case, doubts as to what these data mean prevail, and their analysis is hard to justify (Krippendorff, 2013). A revision of the coding scheme and of the training of the coders must then be done and the sample of data must be re-coded again before the whole set of data can be analyzed and interpreted. The same is true about replicability, or inter-rater reliability. Replicability is a measure of the degree of accordance between multiple coders (Krippendorff, 2013). It is of critical importance whenever more than one coder is involved (Downe-Wamboldt, 1992). Replicability is also assessed using Cohen's Kappa (Polit & Hungler, 1991). Once the replicability assessment is done, disputes among coders must be resolved (Weber, 1985) before the data can be analyzed. As for stability, the coding rules will need to be revised if the replicability is low (Downe-Wamboldt, 1992).

Validity refers to what is being measured and how well (Downe-Wamboldt, 1992). A measurement is considered valid if it really measures what it is supposed to measure (Krippendorff, 2013). It is slightly different for content analysis. A content analysis is considered valid if the inferences drawn from the communication that has been analysed withstand the test of independently available evidence, or of competing theories or interpretations (Krippendorff, 2013). Validity is assessed by going back to

the communication sample to find examples of the codes and relating it to relevant theory (Downe-Wamboldt, 1992). As content analysis relies heavily on content validity, submitting a sample of text to an expert for parallel coding is a good way to assess the validity of the coding scheme (Downe-Wamboldt, 1992).

The fifth and sixth steps are actually optional. The fifth step consists of revising the coding scheme according to the results of the pretest and the reliability and validity assessment. The revision techniques following pretest, reliability or validity assessment that has been covered previously still apply here. If revisions are made, then the sixth step, pretesting the revised coding scheme, becomes mandatory. It simply consists of pretesting the new coding scheme, using the same technique as in step three. The steps four to six can be done in loop, until the coding scheme reaches a satisfying level of precision. Once the coding scheme is satisfying, the researchers can move to the seventh step, the actual coding of the data. Here, a predefined number of coders will go through the communication data and give a code to each unit of analysis. No unit should be left uncoded. If a unit of analysis can't be associated to a code, that means that the coding scheme is not exhaustive and another revision is required. Once all the communication data has been analyzed by at least one coder, the reliability and the validity of the analysis should be reassessed.

### *Sequential Analysis*

The frequency count is the measure that is mostly used in communication analysis. However, according to MacMillan et al. (2004), simple frequency counts of communications, though straightforward, is not sufficient in itself to provide a meaningful window into team processes. We used sequential analysis to highlight sequential patterns in a flow of communications (Bakeman & Gottman, 1986; Bakeman & Quera, 1992, 1995; Gorman, Cooke, Amazeen, & Fouse, 2011). Sequential analysis may be an interesting avenue for understanding dynamic cognition such as team processes. Indeed, sequential analysis identifies probabilistic temporal patterns within a set of temporal data (McComas, Moore, Dahl, Hartmans, Hoch, & Symons, 2009; Quera & Bakeman, 2000), like communication content for instance. Sequential analysis also evaluates the potential effect of contextual variables on that sequential pattern

(Gottman & Roy, 1990). This methodology does not only allow for sequential pattern identification, but also permits to determine whether or not those patterns are due to chance, if the main sequence observed in one group is different from the one observed in another group, or between two different measurement times (McComas et al., 2009). It is even possible to establish a causal link between an observed sequential pattern and an independent variable (Glass, Willson, & Gottman, 2008). In other words, sequential analysis provides a window into dynamic cognition by providing insight into the dependencies between behaviours or cognitive processes (highlighted through communication analysis), and whether or not they follow each other.

In the current study, we used TraMineR to highlight the sequence of regulation functions in the communication data previously coded. TraMineR is a R-package developed by a group of social researchers of the University of Geneva for mining, describing and visualizing sequences of discrete sequential data. The package was primarily developed for analyzing longitudinal data, but its features also apply to non-temporal data such as communications. TraMineR allows an easy conversion of the data to various sequence formats, from which the user may plot sequences (density plot, frequency plot, index plot and more), identify the characteristics of the sequences (length, duration, turbulence, complexity, etc.) as well as aggregated characteristics (transition rates, sequence frequency) and dissimilarities between pairs of sequences. TraMineR also allows discovering and plotting representative sequences from a set of data and performing ANOVA-like analysis of sequences and tree structures.

A R-script was created according to the nature of the data to first extract the sequence of regulation functions. Then, the sequences were clustered according to their length, and compared across experimental groups. The characteristics of the sequences were also obtained, like the turbulence and the distance among sequences. The transition rate of the functions was also obtained to get a general view of how the team use the regulation functions.

### *Analysis of the C<sup>3</sup>Fire Simulation*

In order to obtain a clear understanding of the application of Rousseau's model and its role in crisis management teams' performance in homeland security, a thorough content analysis of the communication was performed and a situation specific measure of performance embedded into the simulation was developed. The analyses are described in details below.

#### *Content Analysis of the Communication*

The content analysis of communication was used here to observe the four regulation functions of Rousseau et al. (2006) within the C<sup>3</sup>Fire simulation. The analysis was performed using the eight steps of Downe-Wamboldt (1992). First, the unit of analysis was selected. This was achieved by the researcher by listening to a sample of the communication. The goal was to select a unit of analysis that would best represent the idea of a regulation function. The first unit of analysis that was selected was sentences. Hence, a code was applied to each sentence of the communication sample. However, after the first review of the units and the coding scheme, the researcher realized that sentences did not represent the regulation functions adequately. Indeed, the regulation functions are complex behaviours. Most of the time, one regulation function is expressed through a set of sentences. The use of single sentence as a unit of analysis therefore over estimated the frequency of all regulation functions, but particularly the frequency of collaboration - which usually needs more sentences to be executed than the other three functions. Thus, the researcher changed the unit of analysis for discussions - a group of sentences about the exact same subject. A discussion can include one to an infinite number of sentences, as long as the focus of the communication remains the same. Here is one example of a discussion that would be classified as collaboration:

1. X : My firefighter 3 is out of water.
2. Z : OK, where is it?
3. X : I am on AB 20.

4. Z : Ok, I am coming right away.
5. X : Thanks.

If the subject changes, even slightly, then it is considered a new discussion and a code must be attributed to both of the discussions, for example:

1. X : My firefighter 3 is out of water.
2. Z : OK, where is it?
3. X : I am on AB 20.
4. Z : Ok, I am coming right away.
5. X : Thanks.
6. Y : My firefighter 5 also needs water, on I6.
7. Z : Fine, I need to refill first. I will be there soon.

In the example above, when participant Y enters the communication, the subject changes slightly. Indeed, the conversation is still about a need of water, but the participants are not talking about the same firefighter unit anymore. Therefore, this sample of communication would be classified as two discussions: Sentences one to five would be considered as one discussion, and sentences six and seven would be another one. Both would be categorized as collaboration.

It is not rare to find this kind of units of analysis in content analysis. Krippendorff (2013) refers to it as categorical distinctions. “Categorical distinctions define units by their membership in a class or a category - by their having something in common - or result from a theory that has been adopted by an analyst “(p. 106). As the use of discussion as a unit of analysis requires judgment from the coders, two coders watched independently the video recordings and identified the discussions, without giving them any codes. An inter-rater assessment was performed on the results. The

disagreements were revised by the coding team, and a precise structure of discussion was obtained.

The development of the coding scheme, the second step of content analysis, was performed by the researcher, in collaboration with the author of the regulation functions model (Rousseau et al., 2006) and the coding team. First, the researcher operationalized each of the four regulation functions by 1) extracting the fundamental aspects of each regulation function, and 2) listening to a sample of communications. The result was an extensive description of each regulation function with practical examples. Each regulation function represented a code in itself. So the coding scheme was composed of five codes: 1) preparation, 2) collaboration, 3) assessment, 4) adjustment, and 5) other. A fifth code, named “Other”, was created because some of the communications were not task oriented, and therefore were not associated to any regulation function. As content analysis has to be exhaustive, that fifth code was mandatory. In content analysis, the operationalization of the variables must be justified, not only through available theories and literature, but also by consulting experts (Krippendorff, 2013). Consequently, the first version of the coding scheme was handed to the author of the regulation functions model, who also listened to a small sample of communications and provided feedback on the coding scheme. Once a preliminary version of the coding scheme was ready, the coding team started the following step; pretesting the grid. Each coder used the coding scheme on the same sample of communications, and provided a list of comments regarding the clearness of the grid, as well as a list of “grey zones” – communications that were ambiguous and hard to categorize. An analysis of inter-rater reliability was also performed at this stage.

The comments provided by the coding team were used to revise the coding scheme in the fifth step. Here, the unit of analysis was also reviewed, as stated previously. The coding scheme was redefined with more precision, and more examples were added. The adjusted grid was then reviewed by the author of the regulation functions model to assess its validity. Once the new coding scheme was ready, the coding team re-tested it using the same communication sample. They, once again, provided a lot of feedback. Because the notions underlying the regulation function

model were difficult to conceptualize, the researcher decided to try a new technique to further enhance the quality of the grid, as well as the training of the coding team. Coding sessions were done in group, including the researcher and all the coders. A communication sample was analysed by the coding team all together, and every issues were discussed until the group reached an agreement. Such coding sessions were repeated three times. Those sessions, in addition to enriching the coding scheme, assured a common understanding of each code by the whole team of coders. This last version of the grid was once again sent to the author of the model for a last validation. An extensional list was created using the grey-zone lists the coders had provided. The final coding scheme, as well as the extensional list of grey zones, are available in Annexe B.

Once the coding scheme was completed, the coding team began the analysis. The coding was performed by three coders. Each coder had a predetermined number of scenarios to code, and each scenario was coded by two coders, independently. Each coder had to go through the recordings of the scenarios he/she was assigned and gave a code to each predetermined discussion. The coding of the communication was performed using Morea® Player and a Microsoft Excel® canvas including a column for each code and a line for each discussion (Figure 15 shows an example of the coding scheme). Additional information was also gathered during the analysis, the participant initiating the discussion and the time at which the team became aware of a critical change. The coders had to put a “1” in the column of the code they wanted to associate to the discussion, and “0” in the other columns.

Row	Session	Temp	Préparation	Task coll.	Beh Work Asses.	E Team Adjust.	B Autre	Test	Participant	Event	Team	Structure
2	1	01:55:00										
3	1	00:03:05						3	0	0	8	CF
4	1	00:03:28						3	0	0	8	CF
5	1	00:03:43						3	0	0	8	CF
6	1	00:03:51						3	0	0	8	CF
7	1	00:04:37						3	2	0	8	CF
8	1	00:05:34						3	0	0	8	CF
9	1	00:06:26						3	0	0	8	CF
10	1	00:07:29						3	0	0	8	CF
11	1	00:10:59						3	2	0	8	CF
12	1	00:11:01						3	0	0	8	CF
13	1	00:11:47						3	0	0	8	CF
14	1	00:13:15						3	0	0	8	CF
15	1	00:13:26						3	0	0	8	CF
16	1	00:15:13						3	0	0	8	CF
17	1							3	0	0	8	CF
18	1											
19	1											
20	2											
21	2	00:17:49						2	0	0	8	CF
22	2	00:18:20						2	0	0	8	CF
23	2	00:19:09						2	0	0	8	CF
24	2	00:19:20						2	0	0	8	CF
25	2	00:19:40						2	0	0	8	CF
26	2	00:19:55						2	0	0	8	CF
27	2	00:20:26						2	0	0	8	CF
28	2	00:21:06						2	0	0	8	CF
29	2	00:21:35						2	1	0	8	CF
30	2	00:24:31						2	0	0	8	CF
31	2											

Figure 15. Screen capture of the Excel Canvas including pre-established discussion timestamps.

After five scenarios were completed, a preliminary assessment of the inter-rater reliability was performed. The Kappa was sufficient (0.6 or higher; Landis & Koch, 1977), so the coding team could continue the analysis of the remaining scenarios. Another inter-rater reliability test was performed at the end of the analysis. Here again, the target Kappa was of at least 0.6 (Landis & Koch, 1977), which was also achieved (see Chapter III for the actual Kappa values and significance levels). An intra-rater analysis was also performed. This was done by asking the coders to recode small samples of communication they had already coded and measuring the level of agreement using Kappa, still with a target level of 0.6 (Landis & Koch, 1977). Each video was then reviewed by the two original coders. They discussed each code on which they disagreed in order to reach consensus. The descriptive and statistical analysis were later performed on the harmonized codes.

### *Analysis of Performance*

The analysis of performance was based on a simulation-based outcomes measure, meaning that it captures “what happened”, including outcomes and factors contributing to outcomes (MacMillan et al., 2004). This type of performance measure is tailor-designed to fully capture the technical performance for a particular situation. Here, the performance was calculated in terms of process gain. Process gain shows

what the team was able to save from the fire, not only in terms of extinguished cells, but also in terms of what would have burned out if the team had not intervened at all. Team performance is defined by its success in managing both the defensive and the offensive aspects of the task; specifically protecting the houses and controlling the fire expansion. In a multiple-goal decision making problem such as this, simply calculating the total number of houses saved and extinguished cells do not provide an accurate vision of performance because it gives too little weight to the objective of saving houses (i.e., there are many more burning cells to extinguish than houses to save; Lafond et al., 2010). As the instructions received by the participants at the beginning clearly stated that they had to protect the houses first, it was important to weight the influence of normal cell on the performance value. Multiplying the proportion of saved houses by the number of extinguished cells permitted to balance the weight of both the saved houses and the saved cells. So mathematically, performance is:

$$\text{Team Performance} = \text{Extinguished Cells} \times \left( \frac{\text{SavedHouses}}{\text{EndangeredHouses}} \right)$$

The number of houses endangered was known previous to the experiment. Indeed, the C<sup>3</sup>Fire scenarios were run without any human intervention. A picture of the final fire was obtained, and 25 houses were placed within the burning zone. Ten more houses were placed on the rest of the map. The first part of the formula assesses the effectiveness of the team to restrain the fire progression, while the second part examines its capacity to protect the houses. The higher the value of the performance index, the better is the performance.

### ***Analysis of the Apprentiss Simulation***

To be able to observe how the model of Rousseau et al. (2006) may be applied in ICU, a content analysis of the communication and a performance analysis were performed. If the content analysis of communication of Apprentiss is fairly similar to the one used with C<sup>3</sup>Fire, the performance measure differs greatly, yet is still based on a process gain concept. This is due to the situation specific character of the performance measures used for each study. The content analysis of communication and

the performance measure for the Apprentiss simulation are described in details thereafter.

### *Content Analysis of Communication*

Here again, the content analysis of communication was used to observe the occurrence of the four regulation functions of Rousseau et al. (2006) within the simulation. The development of the coding scheme and the analysis per se also followed the eight steps of Downe-Wamboldt (1992). The choice of a unit of analysis - Downe-Wamboldt (1992)'s first step- was greatly simplified as the operationalization of the regulation functions was achieved previously. The unit of analysis selected was then discussions. The definition of a discussion remains the same: a group of sentences about the exact same subject. Here is one example of a discussion, taken from an Apprentiss video recording:

1. R: Mathieu, give him some Ephedrine.
2. Inf 1: OK, how much?
3. R: Give him 2mg first, please.

Here again, if the subject changes slightly, a new discussion is created and a code must be attributed. For example:

1. R: Mathieu, give him some Ephedrine.
2. Inf 1: OK, how much?
3. R: Give him 2mg first, please.
4. R: Annie, could you give 10 puffs of Ventolin please?
5. RT: Yes.
6. RT: Thanks.

In this example, the resident always talks about medication. However, the first part of the conversation is addressed to the nurse about an intravenous medication, when the second part is addressed to the respiratory therapist about an inhaler medication. Because the conversation changes both focus and receiver, it is divided in two discussions: Sentences one to three is considered as one discussion, and sentences four to six as another one, but both were classified as collaboration.

As stated previously, the use of discussion as a unit of analysis is subjective and requires judgment from the coders. For that reason, two coders analysed independently the communication and identified the discussions. An inter-rater assessment was performed on the results and disagreements were revised by the coding team. A canvas of discussions was obtained and served as a basis for the upcoming coding of the regulation functions.

The second step, the development of the coding scheme, was also facilitated by the previous study, as the operationalization of regulation functions had already been done through the extraction of the fundamental characteristics of the regulation functions. A sample of communications was however reviewed to provide practical example for each regulation function. The basis of the coding scheme was the same as for the C<sup>3</sup>Fire study: It was composed of five codes, namely: 1) preparation, 2) collaboration, 3) assessment, 4) adjustment, and 5) other. This first version of the coding scheme was handed to the author of the regulation functions model, who also listened to a small sample of communications and provided feedback on the practical examples. The coding team could then pretest the coding scheme. The coders applied the coding scheme to the same sample of communication to provide, here again, a list of “grey zones”. An analysis of inter-rater reliability was performed to identify the weaknesses of the coding scheme.

The context of ICU is fairly complex, rendering the content analysis of communication more difficult than it was for the first study. Therefore, group coding sessions were conducted to provide a richer extensional list and facilitate the analysis, rendering it more accurate. Multiple communication samples were analysed, and issues

were discussed. Such coding sessions were repeated five times. Two ICU experts were also consulted to clarify contextual information. A precise extensional list was created. The coding scheme as well as the extensional lists are available in Annexe C.

Once the coding scheme and the extensional list were ready, the coding team began the analysis. Four coders, including an ICU expert, coded the scenarios. A first coding was performed in teams of two coders, and a second, independent coding was performed by a single coder. A team of coders was used for the first analysis because of the complexity of the simulation. Indeed, because of the nature of the simulation, there were often multiple conversations going on at the same time, using highly technical terms. Having two coders working simultaneously on each video recording facilitated the identification of the discussions (that may be hard to identify, even with the discussion canvas) and provided knowledge overlap of the technical terms. The ICU SME coded each video, to increase the technical accuracy of the analysis. The coding was achieved using the Observer® XT (Noldus) software. This software simplifies the collection of observational data by allowing the simultaneous watch of multiple video and audio inputs. The codes are entered directly in The Observer® XT with time-stamps and modifiers, if desired. Figure 16 illustrates the coding setting.



Figure 16. Screen capture of the Observer XT behavioural analysis software as used for the content analysis of communication.

After three scenarios were completed, a preliminary assessment of the inter-rater reliability was performed. The target Kappa was 0.6 or higher (Landis & Koch, 1977) for the coding team to continue the coding of the remaining scenarios. As the target Kappa was not attained at first trial, the researcher and the coding team reviewed the coding scheme together, and discussed the discrepancies between the coders of a same scenario. Three scenarios were coded again and another inter-rater reliability test was performed. This time, the target Kappa of 0.6 was obtained, and the coding team went on with the remaining of the coding. Another inter-rater reliability test was performed at the end of the analysis, as well as an intra-rater analysis. The Kappa values, as well as the level of significance, are presented in Chapter IV. Here again, each video was reviewed by the initial coders in order to reach a consensus.

#### *Analysis of Performance*

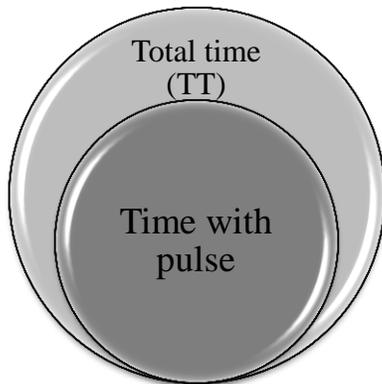
Measuring team performance in health care is a challenge. The complexity level and the high uncertainty about patient state make it hardly possible to identify a best set of behaviours associated to a definite situation. Medical performance depends on the specific procedures prescribed for the treatment of the medical condition of the patient (Tschan et al., 2006). Consequently, technical performance during an acute situation in ICU has to be measured specifically for the problem at hand based on appropriate guidelines (Hazinski, Cummins, & Field, 2002; Tschan, Semmer, Nägele, & Gurtner, 2000; von Planta & Osterwalder, 2001).

As the simulation was taking place around the theme of acute cardio-respiratory state, the measure of performance was based on the ACLS guidelines of adult tachycardia with pulse and adult cardiac arrest. It was developed after the objective technical performance measurement of resuscitation proposed by Tschan et al. (2006) - that is the percentage of cardiovascular support provided while patient has no circulation. Research has shown that each minute without resuscitation diminishes survival chances by 7% to 10% (von Planta & Osterwalder, 2001). The circulatory support is the most vital facet of the immediate treatment of cardiac arrest. So, measuring how well the team provides continuous cardiovascular support is a good performance measure (Tschan et al., 2006). However, unlike Tschan et al. (2006)'s

study, our simulations did not begin with cardiac arrest, and according to the actions of the team, the patient may never be in cardiac arrest. The Tschan et al. (2006) measure, as is, was too restrictive to represent a valid performance index. Therefore, we developed a more inclusive measure derived from Tschan's et al. (2006) measure of circulation support, based on the concept of process gain. We calculated performance by summing the proportion of time during which the patient had a pulse with the proportion of time during which the patient didn't have a pulse but was receiving external circulatory support:

$$\text{TeamPerformance} = \left( \frac{\text{PulseTime}}{\text{TotalTime}} \right) + \frac{\text{CompressionTime} - \text{NoPulseTime}}{\text{TotalTime}}$$

Prevention of a cardiac arrest



Intervention when a cardiac arrest occurs

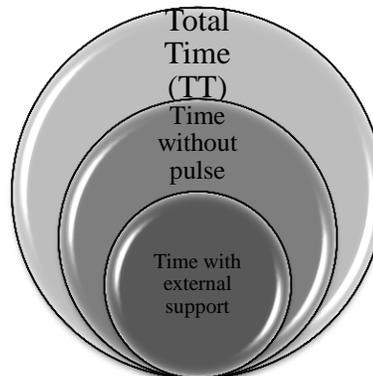


Figure 17. Conceptualization of the performance index.

Figure 17 illustrates the conceptualization of the performance index. The first part of the formula reflects the capacity of the team to prevent a cardiac arrest. The proportion of time the patient actually has a pulse is an excellent indicator of performance for our simulation because if the team find the diagnostic quickly and act efficiently, the patient never experienced a cardiac arrest. Moreover, the actions of the team directly influenced the time during which the patient was in cardiac arrest. The second part of the formula represents the quality of the intervention in case of a cardiac arrest. The time without pulse is subtracted to the time during which an external

circulation support is provided. This specifies the proportion of time during which the patient was in cardiac arrest and no action was taken. As the proportion of time the patient spent in cardiac arrest without any circulatory support is an indicator of poor performance, its value is negative, and therefore subtracted to the proportion of time the patient actually has a pulse (which is an indicator of good performance), taking down the overall performance index.

The data used to calculate the performance were extracted from the video recordings of the simulations. A coding scheme was first developed by the researcher – who also has seven years of experience in ICU - and an ICU expert (an anaesthesiologist who participated in the development of the scenarios) based on the ACLS guidelines of adult tachycardia with pulse and adult cardiac arrest. Two coders – one of them being an ICU expert with seven years as a respiratory therapist- pretested the coding scheme. Several questions arose at that time, so a revision of the coding scheme was done in collaboration with the ICU expert. Several pretests and revisions were made, until the coding scheme was sufficiently clear for the coders to perform an accurate evaluation of the simulations. As some of the codes required highly technical knowledge based on the ACLS guide of treatment, a guideline was developed to serve as a basis for the analysis. The coding scheme and the guideline are described below.

The coding scheme contained six subcategories, regrouped under two major categories: 1) External circulatory support and, 2) compromised circulation. The categories are presented in Table 8, and described in more details afterwards.

Table 8

*Coding scheme for team performance*

<b>External circulatory support</b>	<b>Compromised circulation</b>
Compressions, BP lower than 40	Choc and compressions needed
Compressions	Choc needed
Choc	Intubation

The first category, external circulatory support, includes all resuscitation oriented actions performed by the team. It is divided in three subcategories: 1) Compressions when blood pressure (BP) lower than 40, 2) compressions, and 3) defibrillation (codes one and two were separated for coding purpose only). The first two subcodes, compressions when BP lower than 40 and compressions, were divided for analysis purpose only. They correspond to the time during which the team perform the action of compressing the thorax of the patient. The third subcategory, defibrillation, corresponds to the preparation as well as the action of giving an electrical choc to the patient. Those actions are straightforward and easily identified through the video recordings and did not necessitate the development of a guideline to support the analysis.

The compromised circulation category corresponds to the cardiac states requiring external support. There were various cardiac situations possible in the scenarios, but they were all included within the three subcategories: 1) Defibrillation or compressions needed, 2) defibrillation needed, and 3) intubation. The first two, choc or compressions needed and choc needed, were based on the ACLS guidelines for ventricular tachycardia (VT), ventricular fibrillation (VF), pulseless electrical activity (PEA), and asystole, which are relevant to the scenarios. A clear guideline with a description of the various cardiac states and cardiac monitor screenshots was developed by the coders and an ICU expert. Figure 18 illustrates an example of the guideline. The intubation subcategory is also action based and easily identified and no guideline was required.

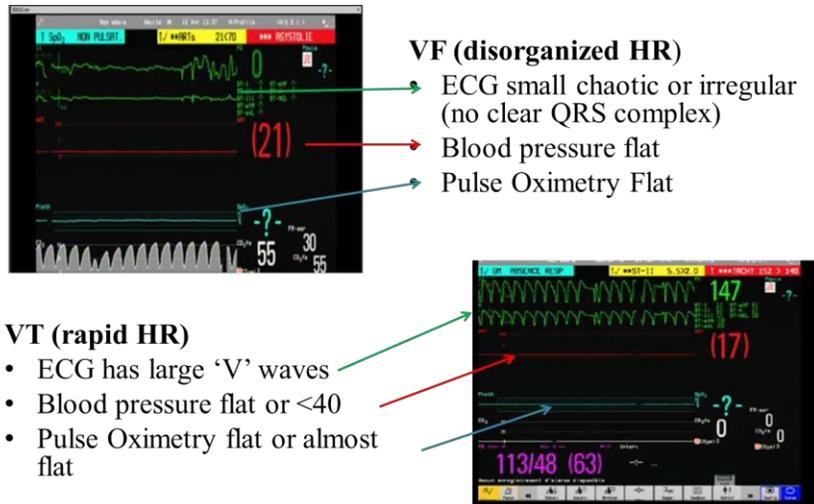


Figure 18. Example of the analysis guideline for choc and compression needed.

The codes of the coding scheme were then included within the more general parts of the mathematic formula for the performance index. Figure 19 illustrates how the codes were inserted in the performance index formula.

Prevention of a cardiac arrest      Intervention when a cardiac arrest occurs

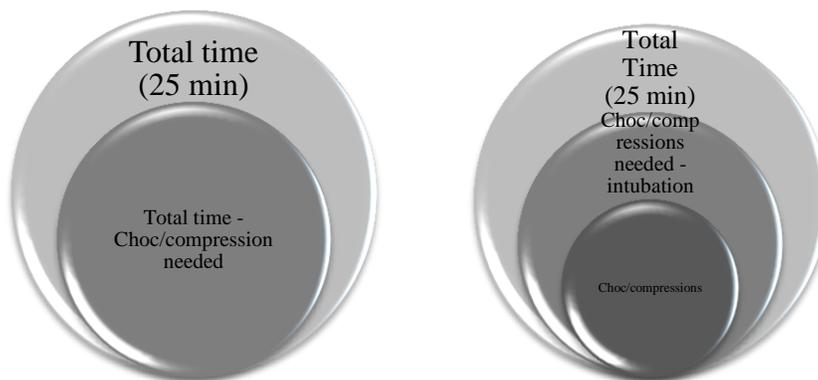


Figure 19. Integration of the codes in the performance index formula.

As stated previously, the analysis was performed by two coders, one of them being an ICU expert. Both coders viewed all the video recordings individually, using The Observer® XT (see Figure 20). They gave a timestamp for the beginning and the end of each relevant action or cardiac states observed, and associated to the appropriate

code. Some video recordings did not receive any code because compressions and choc were never performed nor needed.



Figure 20. The Observer XT is used to analyze behavioural data. The cardiac monitor and the video recording of the simulation can be visualized simultaneously.

After both coders went through all the scenarios independently, an inter-rater analysis was performed. The target Kappa of 0.6 (Landis & Koch, 1977) was attained (see Chapter IV for Kappa values and significance level). The two coders then met and discussed the disagreements until they reach a consensus. The harmonized file was then used to perform the analysis of performance.

## Summary

It is important to perform research on teamwork in CM in a controlled environment, allowing the establishment of causal links, while maintaining a high level of dynamism and realism. The use of functional simulations allows to achieve these two objectives simultaneously to obtain high-quality research.

However, results from functional simulations have proved difficult to analyse: it is hard to clearly relate the behaviour of the participant to the feature of the microworld (Brehmer, 2004). Functional simulations are complex and hard to fully understand, and participants using them express complex behaviours. C<sup>3</sup>Fire and Apprentiss are no exception. Like any other functional simulation, their complexity blurs the relations between dependant and independent variables, and engenders enormous number of

behaviours, decisions, actions, and outcomes that could potentially be measured (MacMillan et al., 2004). As such, the development and analysis of measures must be guided by the research objectives. Indeed, unless models, theories, or hypotheses guide measurement development, data collection, and subsequent analysis, there is little hope of producing meaningful results (MacMillan et al., 2004). Traditional experimental methods of analysis are often unsuitable to fully explain the nature of the relations observed in microworlds (Brehmer, 2004). Simulation-based objective validated measures with a high level of fidelity, like the ones we used in this study, associated with communication analysis, are more appropriate to provide an accurate picture of teamwork in CM, and to fully validate the regulation functions model.

Moreover, the use of one standardized methodology across multiple studies, using various functional simulations, from diverse domains, offers a whole new perspective on teamwork. Teamwork models that were previously tested on single work domains may now be generalized using objective validation. The fact that the exact same methodology is used permits the observation of subtleties that were impossible to observe before, providing a much wider understanding of teamwork.



### **CHAPITRE III**

#### **ARTICLE SÉCURITÉ CIVILE**



L'objectif de la présente étude est de valider empiriquement le modèle théorique de Rousseau et al. (2006) dans un contexte de gestion de crise en sécurité civile. 72 participants, divisés en 24 équipes de trois participants, ont effectué une simulation de gestion de feu de forêt par l'entremise du micromonde C<sup>3</sup>Fire. L'étude comprend quatre scénarios, où les fonctions de régulation ont été mesurées par le biais d'une analyse de communication. La séquence des fonctions de régulation observée correspond à la séquence proposée par le modèle de Rousseau et al. (2006). Par contre, l'utilisation de cette séquence n'est pas reliée à la performance des équipes de gestion de crise. Le modèle des fonctions de régulation ne permet pas d'expliquer entièrement la performance des équipes de gestion de crise. Les notions de synchronisme et de déclencheurs seraient peut-être de meilleurs prédicteurs de la performance.

EMPIRICAL VALIDATION OF A DYNAMIC MODEL OF TEAM PERFORMANCE IN CRISIS

MANAGEMENT

Geneviève Dubé<sup>1</sup>, & Sébastien Tremblay<sup>1</sup>

<sup>1</sup>École de psychologie

Université Laval

Québec (Québec) CANADA

Corresponding author's e-mail: genevieve.dube.3@ulaval.ca

**Word counts:**

Text =

References =

**Contact Information:**

Geneviève Dubé

École de psychologie

[Pavillon Félix-Antoine-Savard](#)

2325, rue des Bibliothèques

Bureau 092

Université Laval

Québec (Québec) G1V 0A6

**Short Title:**

Validation of a Dynamic Model of Team Performance

**Keywords:** Team Effectiveness, Sequential Analysis, Team modelling, Communication Analysis

**Précis:**

The empirical validation of the dynamism of the regulation function model of team effectiveness has led to the construction of the functions sequence specific to homeland security. This sequence highlights team functioning in crisis management situation.

## **Abstract**

**Objective:** A challenge related to the development of a teamwork model is the representation of its dynamical aspect. This dynamism underlies the regulation functions model of Rousseau, Aubé and Savoie (2006). However, the model has never been empirically tested. The main objective of this study is to validate the regulation functions model of team effectiveness by determining the relative contribution of each regulation functions as well as the sequence of these functions used by teams in homeland security. The hypothesis is that the sequence observed will be coherent with the action regulation theory, which is preparation, collaboration, assessment and adjustment.

**Background:** Teamwork in homeland security is essential, though the complex, unpredictable nature of the work environment can be costly. A better understanding of team functioning is a necessary step towards the significant reduction in the number of teamwork-related errors.

**Method:** 72 participants divided into twenty-four 3-person teams were invited to perform a simulation of teamwork in crisis management. The simulation was executed with the C3Fire microworld. The study included four scenarios in which regulation functions of teamwork were analyzed using communication analysis.

**Results:** The sequence of functions observed did follow the sequence predicted by the model. However, the use of the sequence was not correlated to team performance.

**Conclusion:** The regulation functions model of Rousseau et al. (2006) does not fully explain team performance in crisis management. The notion of timing could be a better predictor of team performance. However, the results obtained here clearly show that the teams do use the regulation functions in sequence, and that sequence corresponds to the one proposed by the model of the regulation functions. This confirmed the cyclical facet of team performance.

A crisis may be defined as a highly destabilizing situation that involves high risks for the health and security of those concerned. During a crisis situation, critical decisions must be made quickly, based on incomplete and contradictory information. Temporal pressure and uncertainty are basic characteristics of a crisis situation (Morin, 2008; Roberts & Rousseau, 1989; Rosenthal, Boin, & Comfort, 2001; Scholtens, 2008). Crises are challenging due to their complexity, dynamism (Dubé, Tremblay, Banbury, & Rousseau, 2010) and chaotic nature (Dantas & Seville, 2006; Eleftherios & Christos, 2001). As such, crises often induce a feeling of urgency, whereas serious threats that do not pose immediate danger do not induce such a sense of urgency (Boin & Hart, 2007). There is, then, an immediacy aspect to crises that distinguishes them from other situations.

The particularity of crisis situations requires a specific type of intervention known as Crisis Management (CM). CM is the management of assigned resources for the accomplishment of specific objectives in response to an emergency situation (Builder, Bankes, & Nordin, 1999; Tremblay, Lafond, Gagnon, Rousseau, & Grandlund, 2010). CM inevitably requires command and control (C2) activities to ensure proper coordination, resource allocation, and timely distribution of information (Dantas & Seville, 2006; Eleftherios & Christos, 2001; Keane, 2005; Lafond, Jobidon, Aubé, & Tremblay, 2011; Mishra, Allen, & Pearman, 2011; Wex, Schryen, & Neumann, 2011). CM comes with a high degree of accountability characterized by the severe consequences that can result from errors (Roberts & Rousseau, 1989; Salas, Cooke, & Rosen, 2008). The unpredictable nature of crises makes CM event driven; disposition and improvisation are initial activities, followed by continuous response and management efforts determined by the occurrence of events. Therefore, decision making in CM differs quite dramatically from the incremental, semi rationalistic way in which routine decisions tend to be made. The bewildering pace, ambiguity, and complexity of crises can easily overwhelm normal modes of situation assessment. Moreover, available information is numerous, fragmented, contradictory, and often contained in unarticulated forms, held separately and locally by the many individuals involved, leading to information overload and uncertainty (Boin & Hart, 2004; Lagadec, 2007).

## **Teamwork**

The complexity of today's crisis management situations requires knowledge and resources much wider than a single person may possess. The use of multidisciplinary teams reduces individual workload, increases overall knowledge and expertise, as well as resilience – by the overlap of knowledge and expertise between team members. If teamwork may achieve efficiency level greater than the sum of the individual capacities (Ioerger, 2003), it also increases complexity (Salas, Sims & Burke 2005; Tremblay, Vachon, Lafond, & Hodgetts, 2010) by requiring functions and behaviours that are not necessary in individual work (Ioerger, 2003). Those team functions add up to the task per se (Canon-Bowers & Salas, 1997; Morgan, Glickman, Woodard, Blaiwes, & Salas, 1986), and may significantly influence team performance (McIntyre & Salas, 1995; Salas & Fiore, 2004; Stout, Cannon-Bowers, Salas, & Milanovich, 1999; Wilson, Salas, Priest, & Andrews, 2009). Information sharing, coordination, shared decision making, adaptability, shared situation awareness and shared mental models are among the most relevant team functions for CM situations (Jobidon, Breton, Rousseau, & Tremblay, 2006). Indeed, in CM, teams are usually composed on the spot by members from different professions and organizational cultures. These ad hoc teams must respond quickly to tasks with which they are not familiar (Wickler, Potter, Tate, & Hansberger, 2011), which further increases the complexity of the situation, and of teamwork itself.

In CM situation, coordination is critical for good performance (Kleinman & Serfaty, 1989; Orasanu & Salas, 1993). Indeed, because of the high temporal pressure combined to the important level of workload, the team must be highly coordinated to perform. Coordination, however, is not a straightforward process. It usually involves both explicit and implicit elements (Entin & Serfaty, 1999; Manser, Howard, & Gaba, 2008; Stout, et al., 1999). Explicit coordination is achieved through communication. Teams articulate their plans, their actions and responsibilities, and sequentialize their tasks (Espinosa, Lerch, & Kraut, 2004; Kolbe, Burtscher, & Manser, 2013; McMillan, Entin, & Serfaty, 2004). Implicit coordination, on the other hand, is the ability of the team to act in concert without overt communication. It is based on a shared but tacit understanding of the task requirements and of each other's tasks and responsibilities

(Blickensderfer, Reynolds, Salas, & Cannon-Bowers, 2010; Khan, Lodhis, Makki, & Abdul, 2010; Swain & Mills, 2003). The benefits and disadvantages of both types of coordination are task and environment dependant (Fiore, Salas, & Canon-Bowers, 2001). In CM situations, implicit coordination can provide an advantage during periods of intense task load by reducing the communication overhead needed for coordinated action (Serfaty, Entin, & Johnston, 1998). But implicit coordination lead to effective performance only if team members have an accurate view of each other's needs, responsibilities, and expected actions. However, previous communication and experience is necessary to develop that understanding. As CM teams are ad hoc and usually share little experience as a team, alternation between implicit and explicit coordination may be the best way to achieve good performance. CM teams that use communication during low workload periods can prepare and plan based on an accurate shared understanding so that they can coordinate implicitly during high-demand periods.

Another important aspect that may influence team performance, as well as the need for coordination, is the level of interdependence among team members (Hsu, Shih, Chiang, & Liu, 2012). It is especially important in CM because of the unstructured nature of the task, where there is no one clear and obvious solution, and where formal specifications of task accomplishment are absent, or non applicable (Cooper, 2000). The interdependence level depends on the extent to which team members are mutually reliant on one another for resources (e.g., material, critical information) and on the interaction necessary for the accomplishment of the task (DeChurch & Mesmer-Magnus, 2010; LePine, Piccolo, Jackson, Mathieu, & Saul, 2008). Interdependence infers that people within the team do not work in parallel: the output of one member may, for example, serve as input for another (Hsu et al., 2012). In such, ineffective coordination of the work process increases the costs for unnecessary work and the time to accomplish the task. In a fast pace situation like CM, it is essential to have effective coordination to manage the interdependence level of the team (Hsu et al., 2012). Therefore, the communication among team members to share critical information and to manage the tasks, resources, people, and time (Hsu et al., 2012) is critical for a better CM team performance.

The level of interdependence within the team can be modified through the structure of the team (Hollenbeck, 2000). Team structure refers to the distribution of roles characterised by a particular division of tasks and resources among team members (Breton & Rousseau, 2007; Dekker, 2001). According to MacMillan et al. (2004), team structure is a key aspect of team performance because of its impact on the other team functions, such as communication and coordination. The structure of a team may range from rigid and hierarchical, with clearly defined roles, to flexible, where all individuals have similar capabilities, and tasks can be re-allocated flexibly if needed. These different kinds of structure impose different teamwork requirements. Some team structures increase teamwork requirements so no benefits are observed, while others maximize the benefits without bringing significant interaction costs. The context of the task, the environmental constraints, and this interplay between costs and benefits influence the effectiveness of different team structures. According to the structural contingency theory (Hollenbeck, 2000), there is no such thing as a single best team structure. Instead, there must be an external (environment vs. team structure) and internal (team structure vs. team members) fit to lead to an optimal team performance (Jobidon, Tremblay, Lafond, & Breton, 2006). Task allocation must be appropriate in respects to both the task to be performed and the team members' skills, knowledge and expertise (Jobidon et al., 2006). The structural contingency theory identifies three fundamental characteristics of team structure: centralisation, departmentation and adaptability. Centralisation refers to the degree to which authority is distributed or not within the team. Centralisation facilitates coordination through the clear role of the principal leader, but also impairs quickness and adaptability because of the strong hierarchical structure that must be followed (Jundt, Ilgen, Hollenbeck, Humphrey, Johnson, & Meyer, 2004). The departmentation refers to the degree of specialisation of the team members, and the extent to which their work overlap. Finally, adaptability is the degree to which team members can modify the actual distribution of the tasks to adapt to changes in the task flow.

Two structures are often studied in C2: functional and cross-functional (see Diedrich, Hovecar, Entin, Hutchins, Kemple & Kleinman, 2002). CM traditionally promotes a functional structure. Indeed, most CM plans are based on the Californian

Firescope that proposes a functional structure in every intervention level. The Firescope clearly allocates tasks to each member of the Incident Command (Office of Emergency Services, 2007). The functional structure is characterised by a high level of departmentation: each team member is highly specialised, has a clear role focused on a single aspect of the task, and there is a strict distribution of resources among team members. In this kind of team structure, the interdependence level is high. The functional structure is however not very flexible. The centralisation may vary, according to the situation. The cross functional structure on the other hand, is characterized by high flexibility, where each team member possess all the resources required to perform the whole task. The level of departmentation and the interdependence level are very low (Diedrich, Entin, Hutchins, Rubineau, MacMillan, 2003). Here again, the level of centralisation may vary. The high interdependence level observed in the functional structure comes along with a bigger need to communicate and coordinate the actions (Stammers & Hallam, 1985), which may increase cognitive workload and impair team performance (Urban, Weaver, Bowers & Rhedenizer, 1996). This is particularly true in CM situations. Indeed, the fast pace added to the unpredictability of crisis situation leave the team with very little time to communicate and coordinate their actions extrinsically. The need for communication and extrinsic coordination add it up to the already high workload of the team. Moreover, the lack of pervious experience as a team also inhibits the use of intrinsic coordination.

The existing body of literature on teamwork behaviors is substantial and offers many different conceptualizations. However, there is a lack of consensus concerning the conceptual structure of teamwork behaviors. Many researchers pursue their own work without any attempt to build on and integrate the work of others. Several theoretical models attempted to explain how team functions interact and influence performance beyond team structure. Some are parsimonious and generalizable models of teamwork (Salas et al., 2005), while others are more contextualized, task-specific models (Entin & Serfaty, 1999; Xiao, Hunter, Mackenzie, Jefferies, & Horst, 1996). Most of these models, however, have been developed in parallel and present several differences in the nature and number of processes involved (Rousseau, Aubé, & Savoie, 2006; Salas, Stagl, Burke, & Goodwin, 2007). Besides, most of the existing

models are based on the input-process-output (I-P-O) framework (Ilgen, Hollenbeck, Johnson, & Jundt, 2005; Salas, Rosen, Burke, Nicholson, & Howse, 2007; Salas et al., 2008). Even if the I-P-O system offers a simple way to explain the relationship between team processes, it does not offer a satisfying explanation of the complex interactions existing between team processes (Cooke, Gorman, Myers, & Duran, 2013). Moreover, few models attempt to explain the dynamic interaction between team processes. This dynamic aspect is essential for understanding the functioning of a team, which is a dynamic entity in itself (Gersick, 1988). A more comprehensive explanation of the effectiveness of teamwork is only possible through a dynamic model. Rousseau et al. (2006) proposed a comprehensive and dynamic model of teamwork based on previous frameworks and models suggested in team literature. Rousseau's model is more inclusive than other models, combining 12 team processes into four major categories of behaviors. Moreover, the behavioral-based categories are easily observed in dynamic settings, rendering the model useful for study of teamwork, but also for diagnosis and training. The model is described in details below.

### ***The Regulation Functions Model***

Rousseau et al. (2006) developed an integrative and dynamic model of team effectiveness. As a host of factors influencing team performance have been identified in previous researches (Baranski et al., 2007; Urban et al., 1996; Waag & Halcomb, 1972; Xiao et al., 1996), they performed a synthesis of the team behaviours that are consistently linked to team optimal performance. They grouped those behaviours within the functions of the action regulation theory (Frese et Zapf, 1994; Norman & Shallice, 1986), an individual model of performance. Rousseau et al. (2006) took over the regulation functions of the individual performance model and adapted them to team performance. The team behaviours they extracted from their synthesis were distributed between two broad categories: regulation of team performance and team maintenance. As CM teams are ad hoc teams with a very short life span, only the regulation of performance is relevant here. The regulation of team performance is composed of four regulation functions that, when applied in sequence, should lead to an optimal team performance. The four functions, preparation, task-related collaboration

(collaboration), assessment and adjustment are illustrated in Figure 1, taken from Rousseau et al. (2006).

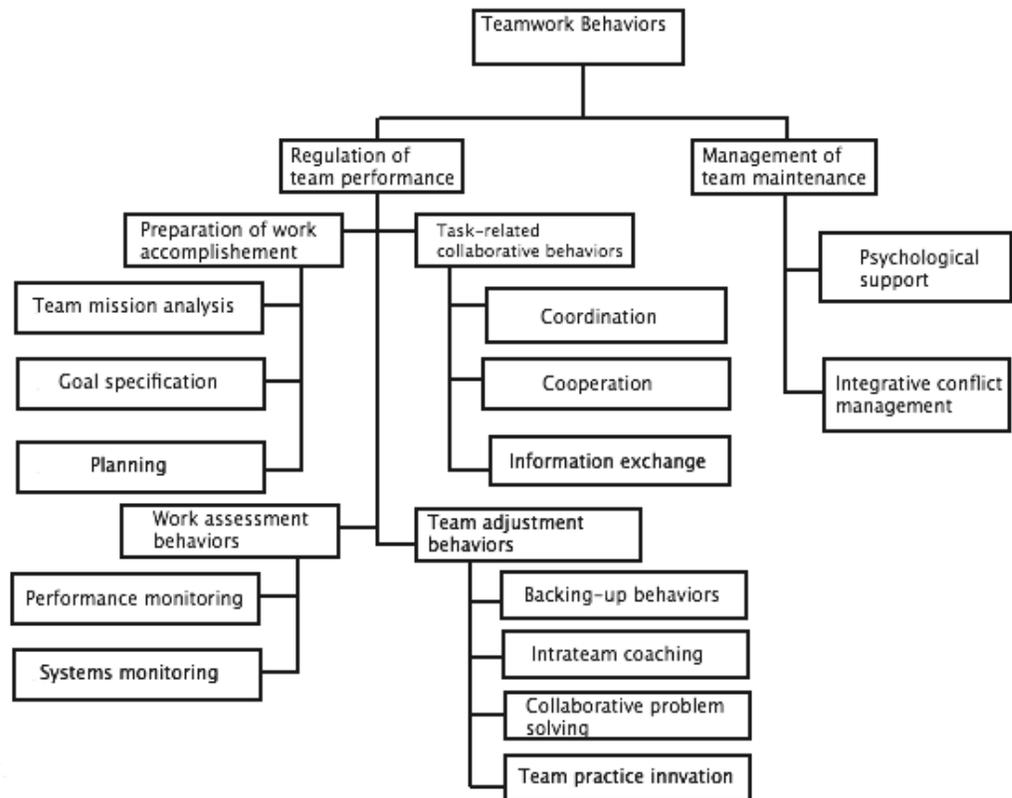


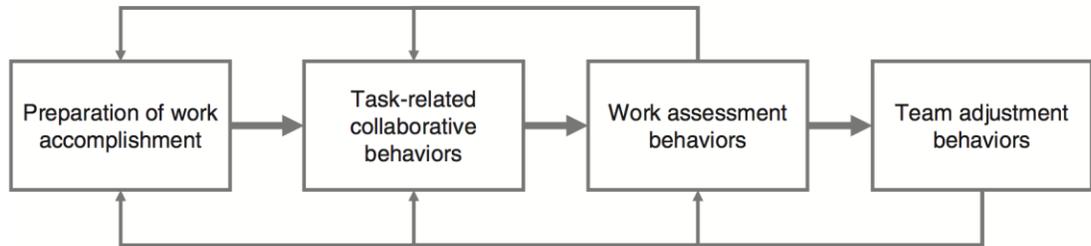
Figure 1. Regulation Functions Model from Rousseau et al. (2006).

The first function, preparation of work accomplishment (preparation) consists of analysing and planning the tasks. Here, the team must identify the key tasks and their components (sub-tasks) and assess the actual environment and resources available at the moment. The second function, task-related collaborative behaviours (collaboration), refers to the application of the plan and the actual execution of the tasks through coordination, cooperation and exchange of information. The third function is work assessment (assessment), which is the monitoring of the internal and external environment of the team. Basically here, the team assesses its performance, and keeps watch of the environment in which it is working. The last function, team adjustment behaviours (adjustment), is the adaptation to changes or deviations from the plan the

team detected with the assessment function. Those four regulation functions include the main factors identified as influencing team performance in crisis management, such as information sharing, coordination, shared decision making, adaptability, shared situation awareness and shared mental models. Other models may include all these team processes, however, they are not, to our knowledge, taking into account the dynamic of the relation among these functions, and how this dynamic impacts team performance in CM. The framework was designed to generalize across diverse team-based organizational settings. However, Rousseau et al. (2006) mentioned that the relevance of these teamwork behaviors to improve team performance may vary as a function of some components of team design like task interdependence, task complexity (i.e., task scope and task structure), and collective autonomy. It is still unclear how each function is related to team performance. Therefore, there is a need to assess the relative contribution of each of the regulation functions to team performance in a CM situation. Empirical research is needed to further improve understanding of the influence of team design characteristics on the relationships between teamwork behaviors and team performance.

The dynamic of the regulation functions model lies in the sequentiality and cyclicity of its functions. For an optimal team performance, these four regulation functions should appear in sequence. Figure 2 illustrates the sequence predicted by the model. Other models, based on the I-P-O framework, have made an attempt to explain the dynamism of teamwork (Ilgen et al., 2005; Salas et al., 2007). However, these models provide a linear representation of teamwork, where the output of a task serves as the input of the following task. This linearity is not suited for unpredictable, changing situations like CM. The regulation functions model provides flexibility, as the sequence of regulation functions may be adapted easily to the changing environment of CM. The regulation functions model is cyclical rather than linear, and the cycles are not connected by the link product-input, as in the IPO models. Yet, this cyclical aspect of the regulation functions model, in which lies its dynamism, is only theoretical. There is no evidence that the model would actually explain and predict team performance in CM. An empirical assessment of the model, using a dynamic task, is needed to confirm

its validity and its possible use for real life evaluation and prediction of team performance.



*Figure 2.* The sequence of regulation functions expected to lead to an optimal team performance (From Rousseau et al., 2006).

## **Present Study**

### ***Objectives and hypotheses***

The first objective of this study is to assess the relative contribution of each of the regulation functions to team performance in a CM situation. The integrative aspect of the regulation function model is also a key characteristic. However, it is unclear how each function is related to team performance. The task of the operational post team is at the operational level and is largely based on information sharing. The task also necessitates a significant level of collaboration in order to distribute information and resources efficiently. Overall, the collaboration function is therefore expected to prevail. Also, according to the framework, the importance of each function individually could actually vary according to the task at hand. Since the distribution of the tasks and resources in the cross-functional structure limits the need for external coordination, this team structure should use the collaboration and adjustment functions less frequently than the functional teams. Indeed, the distribution of the tasks and resources in the functional structure is highly rigid requiring high interdependence, overt communication and coordination among team members to perform the task efficiently. However, team structure should have little impact on the preparation and assessment functions, as those are not expected to be influenced by the interdependence level. Therefore, we hypothesize that:

Hypothesis 1 a) The frequency of the preparation function will be the same for both team structures

Hypothesis 1 b) The frequency of the collaboration function will be higher for the functional teams than the cross-functional teams.

Hypothesis 1 c) The frequency of the assessment function will be the same for both team structures

Hypothesis 1 d) The frequency of the adjustment function will be higher for the functional teams than the cross-functional teams.

The strength of the Rousseau et al.'s (2006) model lies in its integrative aspect as well as its dynamism. As stated previously, the model's dynamics is observed through the sequence of the regulation functions. According to the action theory, team performance will be optimal if the four regulation functions appear in the following order: 1) preparation, 2) collaboration, 3) assessment and, 4) adjustment/collaboration (Rousseau et al., 2006). Figure 2 presents the sequence of regulation functions expected to lead to an optimal team performance. As illustrated in this figure, the sequence can be repeated cyclically, and be reset as required. However, the dynamic structure of the model still needs to be clarified and validated empirically. The main objective of this study is to confirm the practical validity of this theoretical model. To do so, a simulation of CM situation in homeland security was used. The practical validity of the model was evaluated by the objective assessment of team performance, the analysis of communications, and sequential analysis. If the model of regulation functions is valid in practice, the most successful teams should present the four regulation functions following the sequence illustrated in Figure 2. The worst-performing teams should use a different sequence, or even a random use of the four functions.

### ***The C<sup>3</sup>Fire microworld***

The complexity and dynamism of teamwork in CM is hard to operationalize through traditional laboratory settings (Salas et al., 2008). Therefore, many researches on CM are based on case study of sudden, single impact disaster such as Hurricane Rita

(see Lutz & Lindell, 2008). However, these sudden-onset events case analyses do not offer experimental control, and generalization to other events is rather limited. Microworlds are then an interesting alternative as they offer a trade-off between ecological and internal validity. Microworlds are simulated task environments designed for the study of complex functions and processes in complex and dynamic situations like CM (Brehmer & Dörner, 1993). They keep only the basic real world characteristics that are necessary for the purposes at hand (Lafond, Tremblay, Dubé, Rousseau, & Breton, 2010), and are relatively simple to use for the study of complex behaviours and cognitive functions (Brehmer, 2004), such as the regulation functions. Moreover, microworlds offer the great advantages of experimental manipulation and control, without stripping away the complexity and the dynamic nature of the task.

The C<sup>3</sup>Fire microworld selected for this research is a command, control and communications simulation tailor designed to investigate complex behaviours and cognitive functions in teams that has been used extensively in previous research on network based Command and Control (C<sup>2</sup>) (Artman & Wearn, 1999; Granlund, 2003; Johansson, Persson, Granlund, & Mattsson, 2003). C<sup>3</sup>Fire simulates a major fire event in a populated area in which a team of responders is responsible for various emergency response units and limited resources. The simulation generates forest fires that have the characteristics of a complex adaptive system, making C<sup>3</sup>Fire well suited for simulating CM events (Tremblay et al., 2010). Figure 3 presents a typical C<sup>3</sup>Fire interface. The programming of C<sup>3</sup>Fire is highly flexible. It is possible to simulate a major event involving teamwork (planning, cooperation, coordination of actions and plans, etc.) under high time-pressure and uncertainty, making it highly suitable to study teamwork in CM (Dubé et al., 2011; Lafond et al., 2010). Additionally, the units may be distributed among team members following different team structures in order to test various role and resources allocation (see Tremblay et al., 2010). Team member must therefore communicate to share critical information and coordinate their actions (Granlund, 1998). Communication and information sharing is known to be a critical aspect of teamwork in CM. It also provides inside information about team functioning and team processes that would not be available otherwise.

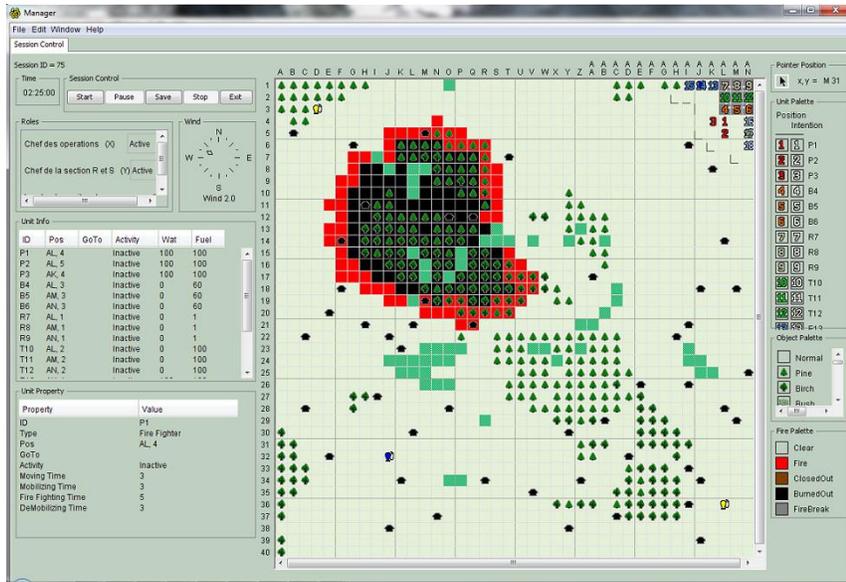


Figure 3. Example of a C3Fire Interface

## Method

### Participants

For this study, 72 participants (41 men and 31 women, with a mean age of 24 years old) were recruited on the Campus of Laval University. They were divided into twenty-four 3-person teams. Participants could come in team, or come alone and be assigned to a team by the experimenter. Teams were randomly assigned to a team structure, as described below.

### Procedure

The 24 teams performed a 2-hour experiment including two 10-minute practice scenarios and four 15-minute test scenarios. Participants were randomly assigned to a computer station (X, Y or Z) at their arrival in the research laboratory. Each computer station was associated to a particular role for the functional structure, but presented no differences for the cross-functional one (team structures are described below). Participants communicated via a headset and a microphone. All communications were broadcasted using Teamspeak software, and all interactions with the microworld or between team members were recorded using the Morae software. Figure 4 illustrates

the experimental setting. At the end of the last scenario, participants filled a questionnaire about workload, temporal pressure and demographic information.



*Figure 4.* Experimental setting. Team members communicate via a headset and a microphone.

### ***Scenarios***

The experimental scenarios took place on a 40×40 squared matrix, where each square is defined by a combination of letter and number. Each scenario contained a start fire and two sudden and critical environmental changes (new fire or a significant change of wind's speed and direction). The critical changes created variation in workload and uncertainty, and were later used as benchmark to divide the scenarios for analysis purpose. The fire was visible by every team members at all time, but the units of other team members were visible only within a 3×3 visual field surrounding one's units.

For this study, two types of unit were used: the firefighters (FF) and the water tankers (WT), described in Table 1. The FFs are operational units that extinguish fire by moving to a burning cell. Here, their reservoir contained only enough water to extinguish one fire cell. After that, they needed to be refilled by a WT. The WTs are resources units that refill FFs by moving to an adjacent cell. WTs also had a limited tank in this simulation: just enough water to refill two FFs. Once empty, they had to be

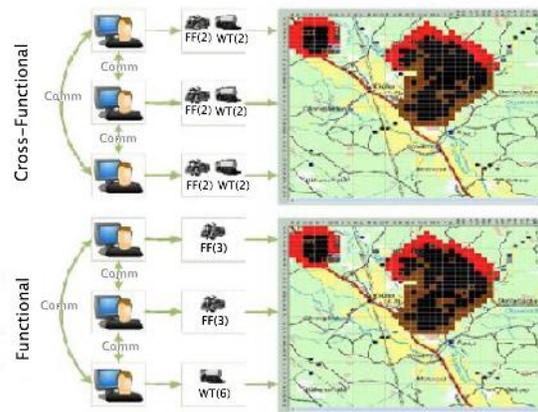
refilled by moving to lakes, distributed around the map. The units in C3Fire are partially autonomous agents, meaning that they only need to be moved from one location to another by the user. They automatically performed the rest of the actions by themselves.

Table 1

*Description of the C<sup>3</sup>Fire's units used in the present study.*

<b>Category</b>	<b>Type</b>	<b>Description</b>
Units	Firefighters (FF)	Extinguish fires Use 20 units of water per fire Visual field of 3x3 cells
	Water Tankers (WT)	Provide water to firefighters Refill themselves in lakes Visual field of 3x3 cells

The units were distributed among participants according to the team structure. The functional structure is a simplification of a traditional crisis management team as proposed by the Firescope. Here, participants were specialized and had different complementary roles: participant X was the Resources Chief, responsible for the six WTs. Participants Y and Z shared the role of Operation Chief, controlling three FFs each. The cross-functional condition is representative of a horizontal team structure where individuals had both roles, therefore participants X, Y and Z had two WTs and two FFs each. Note that the total number of units was constant. Figure 5 shows the units distribution among participants, according to the team structure. In order to encourage the need for all teammates to coordinate their actions, there was no central coordinator or commander (though this role is frequent in CM teams).



*Figure 5.* Role distribution according to team structure. In the functional structure, participant X is responsible for 6 WT's, and participants Y and Z control 3 FF's each. In the cross-functional structure, every participant controls 2 FF's and 2 WT's.

The key challenges of the team were related to two conflicting priorities given to the teams at the beginning of the experiment: 1) put out fires and 2) save houses. To do so, the team had to select the most important fires to extinguish first, protect houses, ensure that FFs were refilled by a WT in a timely manner, and re-supply WT's at appropriate times.

#### *Subdivision of the Scenarios*

As stated previously, two critical environmental changes occurred in each scenario, whether a fire or a change of wind direction and strength. The first change occurred after four minutes, and the second after 10 minutes (see Table 2). The critical changes create a rapid rise of the workload level to which the team must quickly respond with appropriate actions (Jobidon et al., 2006). This is referred to as workload transition (Wickens & Huey, 1993). In such situations, the teams had to adapt their plan and rearrange work to remain efficient, that is, reassigning their units to the new priority zone. Whilst the matter of team workload is a key concern, changes in workload that are likely to occur over time in complex and dynamic environments are of particular interest. The scenarios were therefore divided in three different segments, according to the apparition of a sudden change, or a workload transition. Each segment presents a different level of workload. This division allows for a finer understanding of

the use of the regulation functions by the team during the simulation, as workload is known to affect teamwork (Wickens & Huey, 1993).

Table 2

*Description of the segments*

	<b>Duration</b>	<b>Moment</b>	<b>Workload</b>
Segment 1	4 min	Before first change	Lower
Segment 2	6 min	Between the two changes	Higher
Segment 3	5 min	After the second change	Highest

*Analysis*

The regulation functions model was validated by the observation of each function through video recordings of the simulation. The team performance and coordination index were measured post hoc using information from the C<sup>3</sup>Fire logs. The combination of objective and subjective measures provided a deep insight into teamwork in CM.

*Assessment of the Regulation Functions*

The regulation functions used by the teams were extracted from video recordings of the simulations using content communication analysis. Content analysis is an unobtrusive scientific tool for making replicable and valid inferences from verbal, visual, or written data to the contexts of their use, involving a set of specialized procedures (Krippendorff, 2013; Downe-Wamboldt, 1992). The analysis was performed using the eight steps methodology of Downe-Wamboldt (1992). Basically, it consists of selecting a unit of analysis, developing, testing and validating a coding scheme, coding the data, and finally validating the results.

The choice of a unit of analysis, as well as the development of the coding scheme, was performed by the researcher, the author of the regulation functions model, and the coding team. The objective was to develop a powerful tool that would best

highlight each regulation function. As the regulation functions are complex behaviours, they are usually expressed through a set of sentences. Therefore, the use of a single sentence as a unit of analysis would not efficiently represent the regulation functions, and the sequence obtained would not be representative of the team's behaviours. Thus, the unit of analysis used here was the discussions - a group of sentences that treated the same subject. A discussion includes a flexible amount of sentences, from one to infinite, as long as the focus of the communications remains the same. Here is one example of a discussion:

1. X : I need water.
2. Z : OK, where are you?
3. X : I am at AG24.
4. Z : Ok, I am coming.

All the sentences presented in this example are focused on the need for water of Participant X. Consequently, this set of sentences would be codified as a single discussion. However, if the subject changes, even slightly, a new discussion needs to be coded. For example:

1. X : I need water.
2. Z : OK, where are you?
3. X : I am at AG24.
4. Z : Ok, I am coming.
5. X : Thanks.
6. Y : I also need water. I am on Z6.
7. Z : Fine, do not move I will send you a WT right away.

In this example, Participant Y enters the conversation to talk about his own need of water. However, the conversation is not about the same unit. Here, sentences one to five would be coded as one discussion, and sentences six and seven would be coded as another one.

The actual development, testing and validation of the coding scheme were a long process. A first operationalization of the regulation functions was done by extracting the basics of each regulation function and by listening to a sample of the video recordings of the simulation. An extensive description of the regulation function and practical examples were obtained. We used a coding scheme that was composed of five codes, each regulation function representing a code in itself : 1) preparation, 2) collaboration, 3) assessment, 4) adjustment, and 5) other. The fifth code, "Other", served for the codification of the communications that were not task oriented. This first version was tested by the coding team, each coder using it on the same sample of video recording. All the coders provided comments regarding the clearness of the grid, as well as a list of communication that were hard to categorize. The coding scheme was reviewed according to the comments, with more precision, and more examples added. Group-sessions of coding were also done where a video recording sample was analyzed, and every disagreement between coders was discussed until the group reached an agreement and a common understanding of the functions. Once an exhaustive coding scheme was obtained, it was sent to the author of the regulation functions model for external validation. An extensional list was created using the list of communication hard to categorize provided by the coders during the process.

The coding of the video recordings of the simulation was performed by three coders, each having a predetermined set of scenarios to code. Every scenario was independently coded by two coders. The coders went through their assigned video recordings and provided a code to each discussion. An inter-rater reliability test performed at the end of the coding process showed a significant level of agreement ( $Kappa > .600$ , see Landis & Koch, 1977), with  $Kappa = .643$ ,  $p = .000$ .

### *Sequential Analysis*

Sequential analysis was used to validate the sequential nature of the regulation functions model. Sequential analysis identifies probabilistic temporal patterns within a set of temporal data (McComas, Moore, Dahl, Hartmans, Hoch, & Symons, 2009; Quera & Bakeman, 2000), here the content of communication, and determines whether or not those patterns are due to chance (McComas et al., 2009). The characteristics of the sequences can be extracted, like the complexity and the distance among sequences. The transition rate of the functions provides a general view of the way the team use the regulation functions. Simply put, sequential analysis offers a deep understanding of dynamic cognition by highlighting the dependencies between the timely regulation functions.

## **Results**

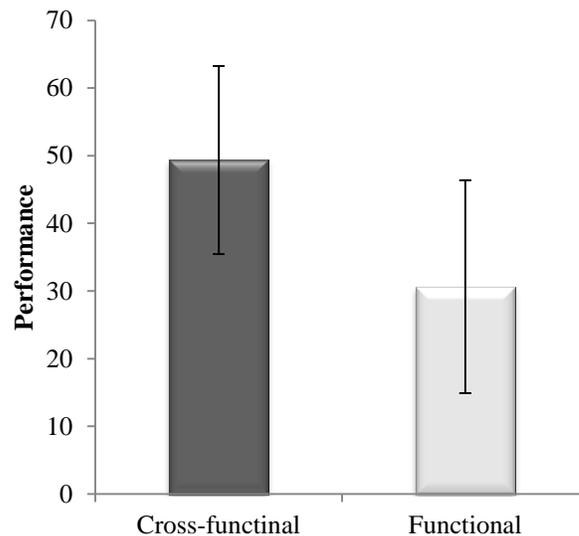
### ***Performance***

The performance measure developed for C<sup>3</sup>Fire is calculated in terms of process gain. Process gain shows what the team was able to save from the fire through both extinguished cells and cells that would have burned out without the team's intervention. Team performance is based on the defensive and the offensive aspects of the task; protecting the houses and controlling the fire expansion. Calculating the number of extinguished houses and cells do not provide a precise image of team performance because too little weight is given to the objective of saving houses (i.e., there are much more burning cells than houses to save; Lafond et al., 2010). Performance is thus calculated by multiplying the proportion of saved houses by the number of extinguished cells. The higher the value, the better the performance. So mathematically, performance is:

$$\text{TeamPerformance} = \text{NbExtinguishedCells} \times \left( \frac{\text{NbExtinguishedHouses}}{\text{NbHouses}} \right)$$

The number of houses endangered was assessed previous to the experiment by running the C<sup>3</sup>Fire simulations without human intervention.

Two team structures were compared here: 1) the functional structure and 2) the cross-functional structure. A statistically significant difference of performance was observed between the two groups, the cross-functional teams performing better than the functional teams:  $F(1, 21) = 11.42, p = .03$  (see Figure 6).



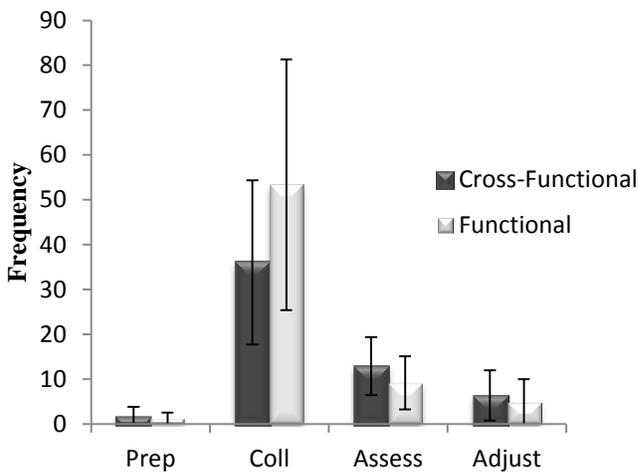
*Figure 6.* Comparison of the two structures in terms of the performance index with standard deviation. The cross-functional structure presents a better performance than the functional structure.

### ***Regulation Functions Frequency***

The frequency of communication is often used to study the relation between performance and communication. However, this relation is not so clear. Indeed, if some researchers have found a positive relation between the two (e.g. Brannick, Roach, & Salas, 1993; Dubé et al., 2010; Sexton and Helmreich, 1999), some others have observed a negative correlation (e.g. Cannon-Bowers, Salas, Blickensderfer, & Bowers, 1998; Svensson, 2002; Volpe, Canon-Bowers, & Salas, 1996). Even if most researchers agree that the content of communication is more interesting than communication frequency to understand team performance, it may be interesting to combine both to get a full vision of the links between team performance and communication. Here, the frequency of occurrence of each regulation function is assessed and correlated to performance.

### *Frequencies of the Regulation functions*

The frequency of each regulation functions was calculated and compared between the two team structures, functional and cross-functional. A two-way ANOVA was calculated to compare the two team structures. Results show a difference in frequency of the regulation functions between the team structures,  $F= 3.286$ ,  $p= .035$ . A closer look to the pairwise comparison effect results show, however, that only the frequency of the collaboration function differs from one structure to another,  $F= 4.63$ ,  $p= .043$  (see Figure 7).



*Figure 7.* Frequency of the regulation function per team structure with standard errors. Results show a difference in frequency of the regulation functions between the team structures.

A Pearson correlation was also calculated between the frequencies of each regulation function and team performance, for each team structure. Table 3 illustrates the results. Only the frequency of collaboration function seems to be related to team performance when pooling together the two team structures, with  $r = -.490$ ,  $p = .018$ . A negative correlation was observed between team performance and the frequency of the assessment function in the cross-functional structure, with  $r = -.582$ ,  $p = .047$ . For the functional structure, a correlation was observed between team performance and the frequency of the adjustment function, with  $r = .693$ ,  $p = .018$ . No other significant correlation was found between team performance and the frequency of regulation functions.

Table 3

*Correlations Between the Regulation Functions and Team Performance According to Team Structures*

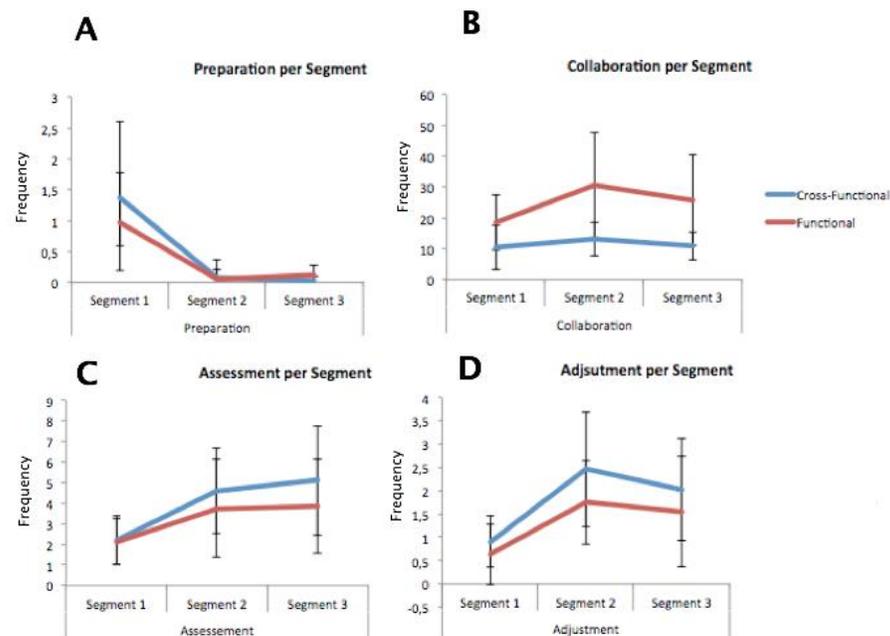
	<b>Team Performance</b>		
	<b>Overall</b>	<b>Cross-Functional</b>	<b>Functional</b>
Preparation	r = .106 p = .630	r = .041 p = .900	r = -.220 p = .515
Collaboration	r = -.490 p = .018*	r = -.051 p = .874	r = -.481 p = .134
Assessment	r = -.065 p = .767	r = -.582 p = .047*	r = -.098 p = .774
Adjustment	r = .350 p = .102	r = -.158 p = .625	r = .693 p = .018*

*Frequency of Regulation Functions per Segment*

The frequency of the regulation functions was calculated per segment and per team structure. An ANOVA for repeated measure was calculated for the segments. Results show a difference in the frequency of regulation functions between segments, with  $F = 18.77$ ,  $p = .000$ . An interaction was also found between the frequency of functions and the segments,  $F = 17.85$ ,  $p = .000$ . Figure 8 illustrates the frequency of each regulation functions per segment.

In order to observe the difference between segments for each structure, ANOVAs for repeated measure were performed for each regulation function. A Bonferroni correction was applied, lowering the significance level to .012 instead of .05. Results show differences across segments for every regulation functions, but only the collaboration function presented an interaction effect with structure. Table 4 presents a resume of the results. The preparation function was significantly higher in the first segment than in the two remaining ones, for both structures, which is

congruent with what we would expect from the model. The collaboration function is higher in the second segment for the functional structure, but there is no difference across segments in the cross-functional structure. Both the assessment and adjustment functions are higher in the last two segments, for both structures, which is also congruent with the model: Segments two and three are triggered by an important environmental change. Teams have to react to those changes by looking more closely to the environment and rearranging their work.



*Figure 8.* Frequency of the Regulation Function per Segment. Results show a difference of frequency for the collaboration, the assessment and the adjustment functions between the three segments of scenario.

### *Sequential Analysis*

The dynamic dimension of the regulation functions model is a critical, distinctive aspect. In the current study, we used sequential analysis to highlight the sequence of regulation functions within the communication data previously coded. The objective was to extract the sequence of regulation functions used by the team, and see if it fits with Rousseau et al. (2006) model. The sequential analysis was performed using TraMineR, an R-package for mining, describing and visualizing sequences of discrete sequential data. TraMineR was first used to extract the sequences used by the teams. Then, we created a script to extract the sequence of regulation functions present in the data that were in line with the sequence proposed by the regulation

Table 4

*Simple Effects for Regulation Functions across Segments*

<b>Regulation Function</b>	<b>Difference across segment</b>	<b>Difference across structure</b>	<b>Interaction</b>	<b>Pairwise Effect Segments 1-2</b>	<b>Pairwise Effect Segments 1-3</b>	<b>Pairwise Effect Segments 2-3</b>
Preparation	F = 13.40 p = .000	F = .57, p = .458	F = .85 p = .443	p = .000	p = .000	p = 1.000
Collaboration	F = 14.2 p = .000	F = 10.6 p = .004	F = 5.13 p = .016	p = .000	p = .031	p = .003
Assessment	F = 25.05 p = .000	F = .95 p = .341	F = 1.24 p = .311	p = .000	p = .000	p = 1.000
Adjustment	F = 23.79 p = .000	F = 2.25 p = .149	F = .66, p = .527	p = .000	p = .001	p = .456

functions model. The frequency of transition was also calculated, to verify if, overall, the teams seemed to follow the sequence proposed by the model. Finally, we measured the level of distortion within the sequences, using two different measures: entropy and complexity. All those results are presented below.

*Description of the Sequences*

General descriptive information about the regulation functions and their sequences were obtained through TraMineR. This is important to better understand how the regulation functions present themselves in time, and how they relate to team performance and team structure.

*Distribution of Observed Sequences*

Figure 9 provides a visual representation of the sequence across structures and scenario's segments. This provides a qualitative description of the sequentiality of the regulation functions. The sequences for segment one represent all the regulation functions used between the beginning of the scenarios and the first change. The sequences for segment two correspond to all the regulation functions used between the

first and the second changes, and finally, the sequences of segment three are the regulation functions appearing after the second change. When observing Figure 9, it is possible to see the relation between the sequences used in the three segments, and the frequency of the regulation functions illustrated previously in Figure 8.

The observed sequences were divided into sub-sequences of 3 regulation functions. The subsequences are a combination of regulation functions that fits the sequence predicted by the model. The length of the sub-sequences was determined based on the regulation functions model. Indeed, the model is composed of four regulation functions, which appear cyclically. However, the preparation function is almost absent of the communications in this study. For this reason, sub-sequences of three regulation functions were used, rather than four. Thus, each sequence was divided into as many sub-sequences of three functions as possible. The sub-sequences are therefore not independent of each other. However, this is also the case in the regulation functions model, and interdependence of the sub-sequences reflects the cyclic aspect of the model. For example, let take the first sequence of segment one of the cross-functional structure. The sequence observed here is:

C-P-C-As-As-C

Where P = Preparation, C = Collaboration, and As = Assessment. The sequence includes six regulation functions. If the sequence is divided into as many sub-sequences of three functions as possible, four sub-sequences are obtained:

1. C-P-C
2. P-C-As
3. C-As-C
4. As-C-As

Of the four sub-sequences, three are congruent with the sequence proposed by the regulation functions model (sub-sequences two, three, and four). So in this example, 75% of the sub-sequences follow the model of Rousseau et al. (2006). Table 5 illustrates the subsequences fitting the model that were extracted, as well as their observed frequency. As the sequences vary widely in length, the possible number of

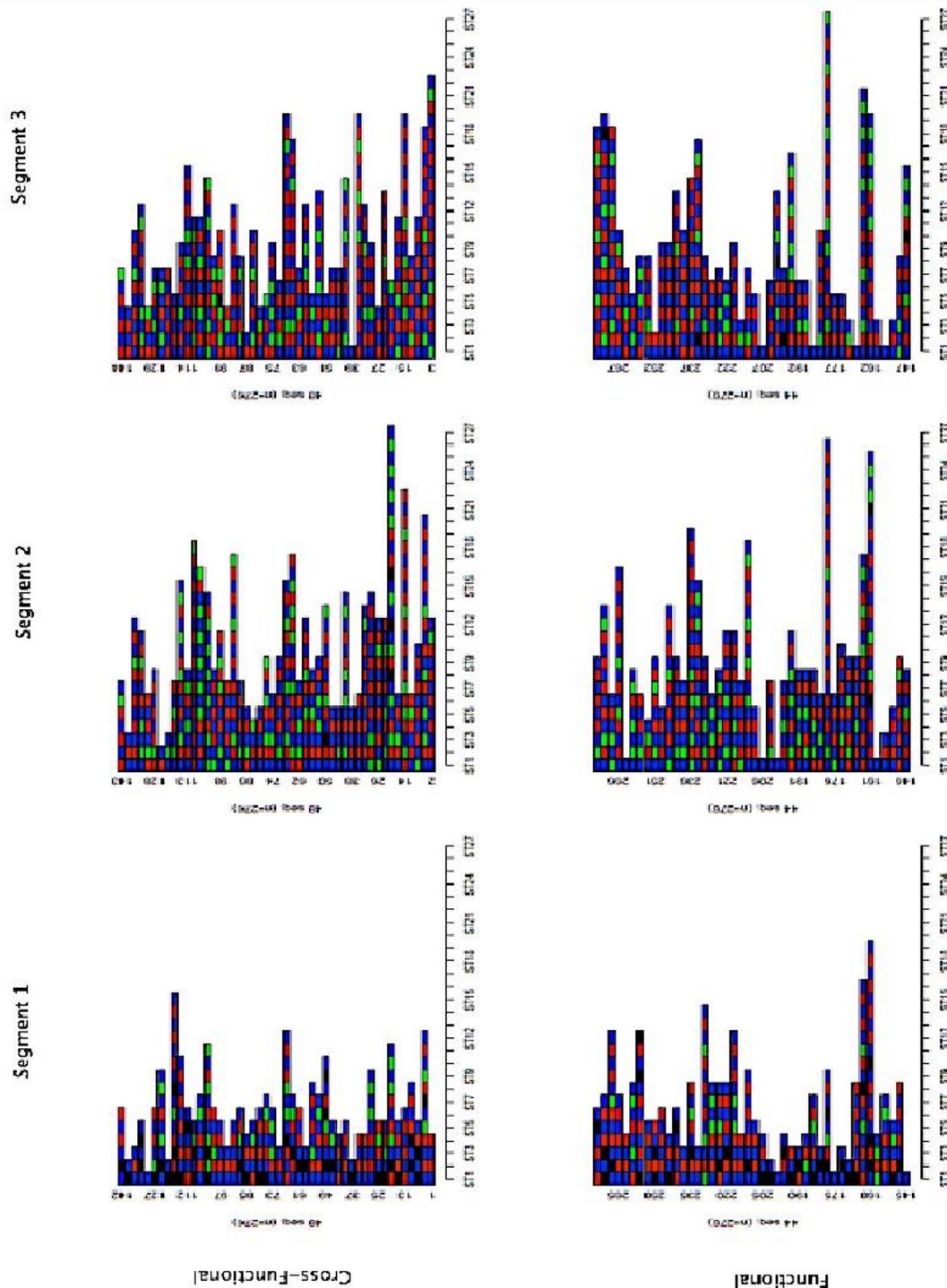


Figure 9. Sequences of regulation function per structures and segments. The sequences are presented in performance order. Sequences at the top are related to the more performing teams. In this figure, P= preparation, C= collaboration, As = assessment, and Ad= adjustment.

subsequences was calculated and the proportion of subsequences fitting the model versus the number of possible subsequences was calculated. When pooling together all the teams, 77% of the all the combinations were composed of subsequences fitting the model. A correlation was performed between the proportion of pertinent subsequences and team performance. No significant correlation was observed, with  $r=-.40$ ,  $p = .857$ .

Table 5

*Frequency of Appearance of Regulation Function Model's Subsequences extracted from the Data.*

Subsequence	Frequency	
<b>CAsC</b>	213	
<b>AsCAs</b>	178	<b>P</b> = Preparation
<b>AdCAs</b>	116	<b>C</b> =Collaboration
<b>CAsAd</b>	99	<b>As</b> =Assessment
<b>AsAdC</b>	99	<b>Ad</b> =Adjustment
<b>AdAsAd</b>	11	
<b>AsAdAs</b>	29	
<b>PCAs</b>	28	
<b>AdAsC</b>	47	

#### *Transition Frequencies of Regulation Functions*

The transition frequency from one regulation function to another was also obtained from TraNineR, for both structures and the three segments. No differences were observed between structures and between segments. Figure 10 shows the overall transition frequencies observed for all teams and segments. When using each regulation functions after the other as an anchor, the transition proportion observed suggest that the teams tend to use the regulation functions in the same order proposed by the model, preparation-collaboration-assessment-(adjustment/collaboration). Table 6 presents all the transition proportions of the regulation functions.

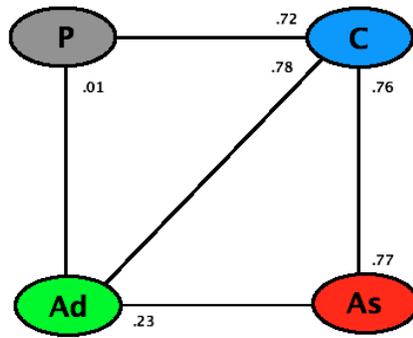


Figure 10. Transition frequencies in percentage, no regard of the team structure or segment of scenario.

Table 6

Transition frequencies in percentage for all teams

	[-> P]	[-> C]	[-> As]	[-> Ad]
[P ->]	0	72	22	6
[C ->]	5	0	77	18
[As ->]	2	76	0	23
[Ad ->]	1	78	21	0

### Entropy and Complexity

The entropy can be seen as a measure of the diversity of states, here a regulation function, observed at a particular position in the sequence (Billari, 2001; Gabadinho, Ritschard, Studer, & Müller, 2011). The entropy index measures the degree to which the teams use similar combination of regulation functions (Fussell, 2005). It can be interpreted as the ‘uncertainty’ of predicting the function in a given sequence. The entropy is 0 when the same function is observed at position x for every cases, and one when each states appear at position x with the same proportion. Therefore, low entropy indicates a low diversity of functions in the communication string, while strong entropy corresponds to a large diversity of functions (Widmer & Ritschard, 2009). The entropy of the sequences was obtained with TraMineR and a t-test was performed to compare the entropy level across team structures. A significant difference of entropy was observed between the two team structure, with  $t = -8.514$ ,  $p = .000$ . It seems that the

cross-functional team structure presents more "distortion" than the functional team structure. Figure 11 shows the difference of entropy between the two structures.

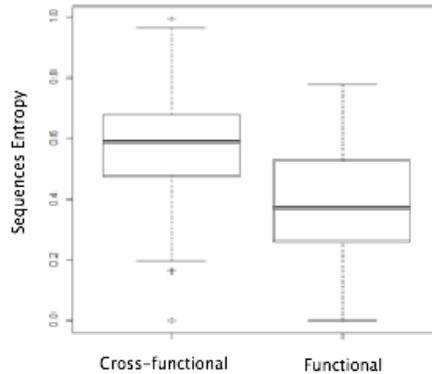


Figure 11. Entropy level for cross-functional and functional team structures.

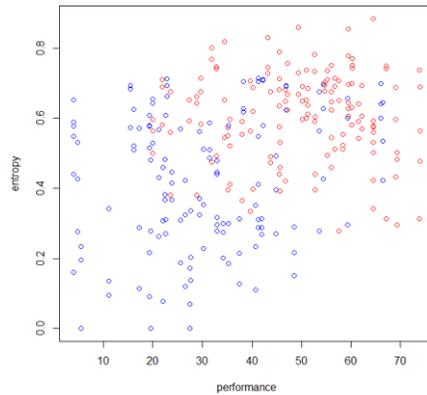
A Pearson's product-moment correlation was done between the entropy level and team performance. According to Baudot (2008), it is the number of observations  $n$ , or rather the number of degrees of freedom ( $n - 2$  for simple regression), which determines a limit value for a given level of risk of error and it is for that of the actual tables. However, one can compare  $r$  with a Student  $t$  using the following formula:

$$t = \frac{|r|}{\sqrt{\frac{(1-r^2)}{n-2}}}$$

Results show a significant correlation with  $t = 4.6879$ ,  $p = .000$ . Figure 12 illustrates the relation between the entropy and team performance. Red dots represent cross-functional teams, and blue dots, functional teams.

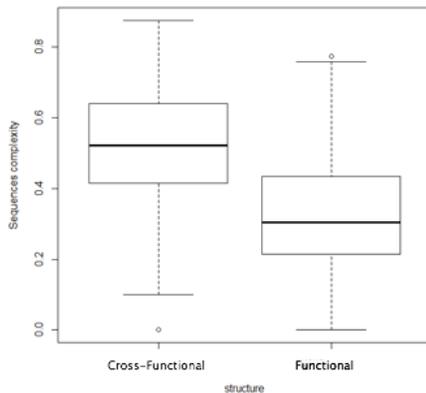
The complexity index embedded in TraMineR was introduced by Gabadinho et al. (2011). It is a composite measure that combines the transition frequency in the sequence with the longitudinal entropy (Gabadinho et al., 2011). The index vary from zero, if a sequence has a single regulation function and an entropy of 0, to one, if a sequence contains each regulation function, and the entropy is maximal. Figure 13 illustrates the difference across team structures for the complexity index. A t-test was

performed to compare the complexity index across team structures. The cross-functional structure presents more complexity than the functional structure as a significant difference was observed, with  $t = -8.814$ ,  $p = .000$ .

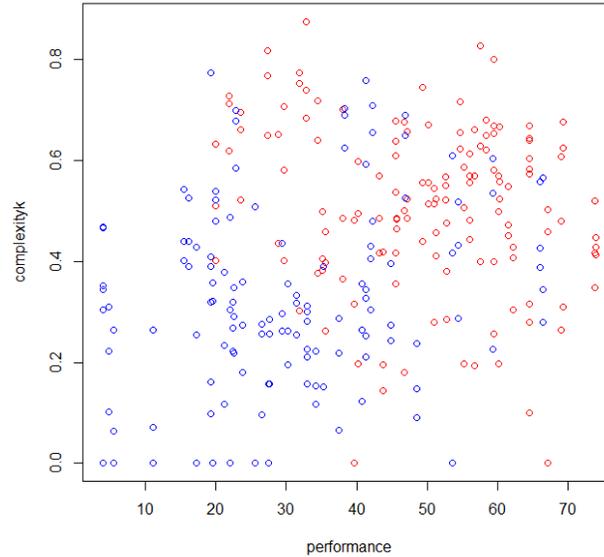


*Figure 12.* Correlations between entropy and team performance, where cross-functional teams are presented in red and functional teams are in blue.

Here again, a Pearson's product-moment correlation was done between the complexity level and team performance. Results show a significant correlation with  $t = 4.6879$ ,  $p = .000$ . Figure 14 illustrates the relation between the complexity index and team performance. Red dots represent cross-functional teams, and blue dots, functional teams.



*Figure 13.* Complexity index for cross-functional and functional team structures.



*Figure 14.* Correlations between complexity index and team performance, where cross-functional teams are presented in red and functional teams are in blue.

### Discussion

The main objective of this study is to investigate the cyclical and dynamic dimension of the regulation function model (Rousseau et al., 2006) in CM situations in homeland security, and to observe the impact of team structure on its application. According to the action theory (Frese & Zapf, 1994; Hacker, 2003; Norman, 1981), the regulation of team performance is optimal when the regulation functions are used following the sequence preparation – collaboration – assessment - (adjustment/collaboration). The model also specifies that all the regulation functions are linked to team performance, but the individual contribution of each function may vary according to the situation. The results obtained here partly confirmed the validity of the model.

The results suggest that teams tend to use the regulation functions following the sequence predicted by the model, preparation-collaboration-assessment-(adjustment/collaboration). The proportion of regulation functions combinations that actually represents a subsequence that fits the model suggests that the functions are not used randomly. The transition frequency also illustrates the large use of the predicted sequence by the teams. However, no relation was observed between the predicted

sequence and team performance. This suggests that the sequentiality of the regulation function may not be critical for good performance, or at least, not sufficient in itself. Indeed, the model predicts a sequence, but the effectiveness of a regulation function at a specific moment may be influenced by environmental conditions. The notion of timing and triggering (event that necessitate the use of a particular function) may therefore be a critical aspect of the regulation function model (Frese & Zapf, 1994; Norman, 1981). Indeed, accurate and precise timing has been cited as an essential aspect for good performance (Dehaene & Changeux, 2011; Norman & Shallice, 1986). The use of a regulation function could then be handled by means of trigger events, here, a new fire, or the control of a subpart of the fire for example (Norman, 1981). Triggering mechanism requires that appropriate internal and external conditions be satisfied for the operation of a schema, here, the use of a particular regulation function. As said by Norman & Shallice (1986), the determination of appropriate triggering conditions is a critical factor for optimal performance. The timely use of the regulation functions could therefore be more important than the sole resort to the predicted sequence. A deeper analysis of the use of the regulation function in relation to environmental triggers could offer a deeper insight of the empirical validity of the regulation functions model.

According to the regulation functions model, the four regulation functions (preparation, collaboration, assessment and adjustment) should be related to team performance. Results obtained here show that the function of collaboration is negatively related to performance of CM teams in homeland security. This maybe due to the very fast pace of the situation, and to the high level of perceived workload. In such conditions, teams could be tempted to try and reduce their workload by cutting on teamwork. Team members may try to individualise work as much as possible by limiting the interactions with other team members. The nature of the simulation in itself allows the individualisation of some processes, like the assessment of the environment. Indeed, in the C3Fire simulation used here, every team member see the whole fire at all time. As everyone has access to the same information, team members seem to limit their interactions about the actual state of the fire, concentrating their communication on coordinating the tasks. Team members communicate out loud only the major

changes, as they were clearly asked to do so by the experimenter at the beginning of the simulation. The reduction in communication may be accompanied by a diminution of workload, leaving more resources to actually accomplish the task.

It seems that the reduction in communications, and particularly the reduction in communications about collaboration, leads to a better team performance. Indeed, the negative correlation observed between team performance and the frequency of communication related to collaboration suggests so. This is not surprising, considering that team communication is known to come with a cost (Tremblay, Vachon, Lafond, & Kramer, 2012), and that well-performing teams reduce their communication flow under high workload (Cannon-Bowers et al., 1998; Volpe et al., 1996). As the task in this simulation is highly demanding cognitively, and that the situation evolves very quickly, teams don't have much time and resources to lose. Teams that performed well here may therefore have tried to reduce their communication needs by trying to implicitly coordinate their actions. Previous studies (Entin & Serfaty, 1999; Dubé et al 2010; Stammers & Hallam, 1985; Stout et al., 1999) have shown that implicit coordination is more efficient in situations with intense workload, such as CM, because it reduces the communication overhead (MacMillan et al., 2004), and therefore reduces teamwork-related workload. The current results support previous findings. In a situation like the C<sup>3</sup>Fire simulation used here, implicit coordination seems essential to optimal performance.

The absence of relation between the preparation function and team performance, as well as the adjustment function and team performance, may be related to the nature of the C<sup>3</sup>Fire scenarios used in this study. Indeed, the scenarios have a very fast pace, letting few time to the team to organize, and reorganize, their work. Moreover, the communications that happened between scenarios were not recorded and thus, are not included in this analysis. Even if reports from the experimenters suggest that team members did planned their work ahead between the scenarios, it is not possible to confirm and quantify this preparation. Once the scenarios began, most team started coordinating their actions right away with no apparent sign of preparation. The fast pace of the scenarios did not let time to the team to discuss or re-discuss their

strategies. In addition to a fast pace, scenarios presented only two changes in the external environment of the team. Even if adjustment is not related to team performance here, the increase of adjustment frequency after the first change shows that the teams did modify their plan according to the new environmental situation. However, the nature of the scenarios did not let much time to the team to discuss extensively about a new course of action, as suggested by the low frequency of communication related to adjustment. The fast pace of the simulations may have lead the teams to evolve in a more «reactive» than «proactive» mode. As the situation evolves very quickly, it may have been impossible for the teams to be ahead of the situation. They just reacted and went to the most pressing emergencies. Moreover, the task in C<sup>3</sup>Fire is highly structured; team members know exactly what they have to do and when they have to do it. In this case, according to Rousseau et al. (2006), the preparation and assessment functions are less likely to influence team performance.

In this study, two structures were compared: the functional and cross-functional team structures. Although no difference was observed in terms of sequence, the frequency of some regulation functions and their relation to team performance differ significantly. First, teams in the functional structure present more collaboration related communications than the cross-functional structure. This can be explained by the fact that, in the cross-functional structure, both units' types (firefighters and water tankers) are coordinated by a single individual, while in the functional structure, resources are distributed. In the functional structure, the actions of a team member are interrelated to those of teammates, and optimal performance depends on each team member's ability to detect and respond to the other's behavior (Ramenzoni, Davis, Riley, Shockley, & Baker, 2011). This ability to engage in and sustain reciprocal relations is regulated by cognitive processes (Wilson & Knoblich, 2005). This increases the need for communication about collaboration, as the coordination is interpersonal (Stammers & Hallam, 1985). The cross-functional teams, however, do not need extended interpersonal coordination as each team members possess the resources necessary to the accomplishment of the task. Coordination is intrapersonal, and has been found preferable to interpersonal coordination (necessary when resources are distributed among individuals) since it requires less communication and cognitive resources

(Stammers & Hallam, 1985), just like implicit coordination. The reduction of communication results in a reduced workload in the cross-functional structure compared to the functional one.

The regulation function critical to team performance also seems to vary according to team structure. Indeed, a relation was observed between team performance and the assessment function in the cross-functional structure, while, in the functional structure, it is the adjustment function that has been associated to better performance. The importance of the assessment function in the cross-functional structure may be explained by the nature of the task and the measurement of the regulation functions. Indeed, the distribution of the resources in the cross-functional structure limits the need for communication. As team members coordinate their actions mostly internally, information sharing is directed more on general strategies and critical information about the environment. The assessment function becomes critical, as it is the accurate and timely assessment of the environment that guide the accomplishment of the task, instead of resources management, like in the functional structure. Moreover, in the cross-functional structure, the task is less structured than in the functional one and ambiguity remains concerning how to achieve optimal performance (Man & Lam, 2003). In this situation, the assessment function is particularly important to effectively progress toward task accomplishment (Rousseau et al., 2006; Salas et al., 2005). The distribution of the resources in the functional structure requires more teamwork, like interpersonal coordination. This complexifies the task at hand, and increases the risks of errors. Functional teams seem to need to adjust more often than the cross-functional teams, and teams that do so perform better, as their course of action is constantly corrected. Moreover, the distribution of the resources within the functional structures creates a workload imbalance between team members because Participant X has twice as many units as the other two. It becomes more difficult for Participant X to perform its task correctly, increasing the need for adjustment in order to attain optimal performance.

However, even if no correlation were observed between some regulation functions and team performance, the relation observed between the level of distortion

(entropy and complexity) and performance suggests that the use of multiple regulation functions is critical to team performance. Indeed, a higher level of entropy and complexity means that the teams use a wider diversity of regulation functions. Therefore, even if not all the regulations functions are related to performance, teams that use all of them extensively perform better, meaning that all four regulation functions are important for optimal performance. Also, the difference observed between the two team structures in the level of distortion within the sequences may be due to the variability of the regulation functions used. Indeed, the higher level of distortion observed in the cross-functional team may be explained by the lower frequency of collaboration related communications, if compared to the functional structure. Both structures present a very high frequency of collaboration function, but as it is less frequent in the cross-functional teams, it allows for a greater variability of sequences. This also suggests that all regulation functions are essential for a good level of performance.

Overall, it seems that the regulation functions model of Rousseau et al. (2006) as it is right now does not fully explain team performance in crisis management. The notion of timing could be a better predictor of team performance. While more research is needed, the results obtained here clearly shows that the teams do use the regulation functions in sequence, and that sequence corresponds to the one proposed by the model of the regulation functions. This confirmed a cyclical facet of team performance that could not be accounted for in more linear models, like the ones based on the I-P-O framework. The regulation functions model seems better suited to serve as a basis for a more complete model of team performance.

### **Conclusion**

The main objective of the current study was to assess the empirical validity of an integrative and dynamic model of team performance, the regulation functions model of Rousseau et al. (2006). The results obtained here show that the model is pertinent, and may be useful to better comprehend team performance in crisis management situations. However, some issues still need to be studied further. Future research should focus on the timing of teamwork behaviors. A clear understanding of timing and

triggering is essential to clearly understand the basis of team performance. Many models have been proposed to capture triggering of action (see Norman & Shallice, 1986). Incorporating such models to the regulation function model would enrich it and offer a deeper understanding of team performance in order to eventually facilitate the accomplishment of collective tasks by focused training, task design (e.g., Gladstein, 1984; Tesluk, & Mathieu, 1999) and tailored support systems.

## References

- Artman, H. & Wearn, Y. (1999). Distributed cognition in an emergency co-ordination center. *Cognition, Technology & Work*, 1(4), 237-246.
- Baranski, J. V., Thompson, M. M., Lichacz, F. M. J., McCann, C., Gil, V., Pasto, L., et al. (2007). Effects of sleep loss on team decision making: Motivational loss or motivational gain? *Human Factors*, 49, 646–660.
- Billari, F.C., 2001. The analysis of early life courses: complex descriptions of the transition to adulthood. *J. Popul. Res.* 18 (2), 119–142.
- Blickensderfer, E. L., Reynolds, R., Salas, E., & Cannon-Bowers, J. A. (2010). Shared expectations and implicit coordination in tennis doubles teams. *Journal of Applied Sport Psychology*, 22(4), 486-499.
- Boin, A., & Hart, P. (2007). The crisis approach. In H. Rodriguez, E.L. Quarantelli, & R.R. Dynes (Eds.), *Handbook of Disaster Research* (pp. )New York : Springer
- Brannick, M.T., Roach, R., & Salas, E. (1993). Understanding team performance: A multimethod study. *Human Performance*, 6(4), 287-308
- Brehmer, B. (2004). Some reflections on microworld research. In S. G. Schifflet, L. R. Elliott, E. Salas & M. D. Covert (Eds.), *Scaled worlds: Development, validation and applications*. Aldershot, England: Ashgate Cornwall.
- Brehmer, B., & Dörner, D. (1993). Experiments with computer- simulated microworlds: Escaping both the narrow straits of the laboratory and the deep blue sea of the field study. *Computers in Human Behavior*, 9, 171–184.
- Breton, R., & Rousseau, R. (2007). The analysis of team decision making architectures. *Decision Making in Complex Environments*, 243.
- Builder, C. H., Bankes, S. C., & Nordin, R. (1999). *Command concepts: A theory derived from the practice of command and control*. Santa Monica, CA: Rand
- Canon-Bowers, J. A., & Salas, E. (1997). Individual and Team Decision Making Under Stress: Theoretical Underpinnings. In J. Cannon-Bowers & E. Salas (Eds.), *Making Decisions under*

- stress: implications for individual and team training (pp. 17 - 38). Washington: American Psychological Association.
- Canon-Bowers, J.A., Salas, E., Blickensderfer, E.L., & Bowers, C.A. (1998). The impact of cross-training and workload on team functioning: A replication and extension of initial findings. *Human Factors*, 40(1), 92-101
- Cooke, N.J., Gorman, J.C., Myers, C.W., & Duran, J.L. (2013). Interactive team cognition. *Cognitive Science*, 37, 255-285.
- Cooper, R. B. (2000). Information technology development creativity: a case study of attempted radical change. *MIS Quarterly*, 245-276.
- Dantas, A., & Seville, E. (2006). Organisational issues in implementing an information sharing framework: Lessons from the Matata flooding events in New Zealand. *Journal of Contingencies & Crisis Management*, 14, 38-52.
- DeChurch, L.A., & Mesmer-Magnus, J.R. (2010). The cognitive underpinnings of effective teamwork: A meta-analysis. *Journal of Applied Psychology*, 95 (1), 32-53. DOI: 10.1037/a0017328
- Dehaene, S., & Changeux, J. P. (2011). Experimental and theoretical approaches to conscious processing. *Neuron*, 70(2), 200-227.
- Dekker, A. H. (2001). C4ISR Architectures, social network analysis and the FINC methodology: An experiment in military organizational structure. Edinburgh South Australia: Electronics and surveillance research laboratory.
- Dekker, A. H. (2001). C4ISR Architectures, social network analysis and the FINC methodology: An experiment in military organizational structure. Edinburgh South Australia: Electronics and surveillance research laboratory.
- Diedrich, F. J., Entin, E. E., Hutchins, S. G., Rubineau, B., & MacMillan, J. (2003). When do organizations need to change. Coping with incongruence. Proceedings of the Command and Control Research and Technology Symposium, Washington, DC.
- Diedrich, F. J., Hocevar, S. P., Entin, E. E., Hutchins, S. G., Kemple, W. G., & Kleinman, D. L. (2002). Adaptive architectures for command and control: Toward an empirical evaluation of organizational congruence and adaptation. Paper presented at the Command and Control Research and Technology Symposium, Monterey, CA.
- Downe-Wamboldt, B. (1992). Content analysis: Method, applications, and issues. *Health Care for Women International*, 13 (3), 313-321, DOI: [10.1080/07399339209516006](https://doi.org/10.1080/07399339209516006)
- Dubé, G., Kramer, C., Vachon, F., & Tremblay, S. (2011, May). Measuring the impact of a collaborative planning support system on crisis management. In Proceedings of the 8th International ISCRAM Conference—Lisbon (Vol. 1).
- Dubé, G., Tremblay, S., Banbury, S., & Rousseau, V. (2010). Team performance and adaptability in crisis management: A comparison of cross-functional and functional teams. Proceedings of the 54th annual meeting of the Human Factor and Ergonomics Society. Santa Monica, CA: Human Factor Society

- Eleftherios, I., & Christos, D. (2001). An information management system for the emergency management of hurricane disasters. *International Journal of Risk Assessment and Management*, 2, 243
- Entin, E. E., & Serfaty, D. (1999). Adaptive team coordination. *Human Factors*, 41, 312-325.
- Espinosa, J. A., Lerch, F. J., & Kraut, R. E. (2004). Explicit versus implicit coordination mechanisms and task dependencies: One size does not fit all. In Salas, E., & Fiore, S. M. (Eds.). *Team Cognition: Understanding the Factors that Drive Process and Performance* (pp. 107 – 129). Washington, DC: American Psychological Association.
- Fiore, S. M., Salas, E., & Cannon-Bowers, J. A. (2001). Group dynamics and shared mental model development. In M. London (Ed.), *How People Evaluate Others in Organizations* (pp. 309-336). Mahwah, NJ: USum Associates.
- Frese, M., & Zapf, D. (1994). Action as the core of work psychology: A German approach. In M. D. Dunnette & L. M. Hough (Eds.), *Handbook of industrial and organizational psychology: (Vol. 4, 2nd ed., pp. 271-340)*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists.
- Fussell, E. (2005). Measuring the early adult life course in Mexico: An application of the entropy index. In R. Macmillan (Ed.), *The Structure of the Life Course: Standardized? Individualized? Differentiated?*, *Advances in Life Course Research*, Vol. 9 (pp. 91–122). Amsterdam: Elsevier.
- Gabardinho, A., Ritschard, G., Studer, M., & Müller, N.S. (2011). Mining sequence data in R with the TraMineR package: A user's guide. *Mining sequence data in R with the TraMineR package: A user's guide*. University of Geneva, 2010.
- Gersick, C. J. G. (1988). Time and Transition in Work teams: Toward a New Model of Group Development. *Academy of Management Journal*, 31(1), 9-41.
- Gladstein, D. L. (1984). Groups in context: A model of task group effectiveness. *Administration Science Quarterly*, 29, 499-517.
- Granlund, R. (1998). The C3Fire microworld. In Y. Waern (Ed.), *Co-operative Process Management: Cognition and Information Technology*, (pp. 91-103). PA: Taylor Francis
- Granlund, R. (2003). Monitoring experiences from command and control research with C3Fire microworld. *Cognitive Technical Work*, 5, 183-190. DOI 10.1007/s10111-003-0129-8
- Hacker, W. (2003). Action regulation theory: a practical tool for the design of modern work processes? *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 12(2), 105-130.
- Hollenbeck, J. R. (2000). A structural approach to external and internal person-team fit. *Applied Psychology: An International Review*, 49(3), 534-549.
- Hsu, J.S.-C., Shih, S.-P., Chiang, J.C., & Liu, J.Y.-C. (2012). The impact of transactive memory systems on IS development teams' coordination, communication, and performance. *International Journal of Project Management*, 30, 329-340.
- Ilgén, D. R., Hollenbeck, J. R., Johnson, M., & Jundt, D. (2005). Teams in organizations: From input-process-output models to IMO models. *Annual Review of Psychology*, 56, 517–543.
- Ioerger, T. R. (2003). *Literature Review: Modeling Teamwork as Part of Human Behavior Representation*. Texas A&M University.

- Jobidon, M. E., Breton, R., Rousseau, R., & Tremblay, S. (2006, October). Team response to workload transition: The role of team structure. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 50, No. 17, pp. 1769-1773). Sage Publications.
- Jobidon, M.-E., Tremblay, S., Lafond, D., & Breton, R. (2006). The role of cognition in team functioning: A matter of information sharing and coordination among team members. In N. Payette & B. Hardy-Vallée (Eds.) *Beyond the Brain: Embodied, Situated and Distributed Cognition. Proceedings of Cognition 2006: Young researcher conference on cognitive science* (pp.22-33). Montréal, Qc
- Johansson, B., Persson, M., Granlund, R., & Mattsson, P. (2003). C3Fire in command and control research. *Cognition, Technology & Work*, 5(3), 191-19.
- Jundt, D. K., Ilgen, D. R., Hollenbeck, J. R., Humphrey, S. E., Johnson, M. D., & Meyer, C. J. (2004). The impact of hybrid team structures on performance and adaptation: Beyond mechanistic and organic prototypes. MICHIGAN STATE UNIV EAST LANSING DEPT OF MANAGEMENT.
- Khan, M. M., Lodhi, S. A., Makki, M. A., & Abdul, M. (2010). Team Implicit Coordination and Emergency Team Performance. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences*, 166-172.
- Keane, M. (2005). *Dictionary of Modern Strategy and Tactics*. US Naval Institute Press
- Kleinman, D. L., & Serfaty, D. (1989, April). Team Performance Assessment in Distributed Decision Making. Paper presented at the Simulation and Training Research Symposium on Interactive Networked Simulation for Training, University of Central Florida, Orlando, FL.
- Kolbe, M., Burtscher, M. J., & Manser, T. (2013). Co-ACT--a framework for observing coordination behaviour in acute care teams. *BMJ quality & safety*, (March), 1–10. doi:10.1136/bmjqs-2012-001319
- Krippendorff, K. (2013). *Content Analysis: An Introduction to its Methodology*, Third Edition. Sage
- Lafond, D., Jobidon, M.-E., Aubé, C., & Tremblay, S. (2011). Evidence of structure-specific teamwork requirements and implications for team design. *Small Group Research*, 42, 507-535.
- Lafond, D., Tremblay, S., Dubé, G., Rousseau, R., & Breton, R., (2010). A method and tool for estimating the costs/benefits of a teamwork in different C2 structures. *Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Command and Control Technology Symposium*, Santa Monica
- Lagadec, P. (2007). Crisis management in the twenty-first century: « Unthinkable» events in «inconceivable» contexts. In H. Rodriguez, E.L. Quarantelli, & R.R. Dynes (Eds.), *Handbook of Disaster Research*. New York : Springer
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159–174.
- LePine, J. A., Piccolo, R. F., Jackson, C. L., Mathieu, J. E., & Saul, J. R. (2008). A meta-analysis of teamwork processes: Tests of a multidimensional model and relationships with team effectiveness criteria. *Personnel Psychology*, 61, 273–307.
- Lutz, L.D., & Lindell, M.K. (2008). Incident command system as a response model within emergency operation centers during Hurricane Rita. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 16 (3), 122-134

- MacMillan, J., Entin, E. E., & Serfaty, D. (2004). Communication overhead: The hidden cost of team cognition. In E. Salas, & S. M. Fiore (Eds.), *Team Cognition: Understanding the Factors that Drive Process and Performance* (pp. 61-82). Washington, DC: APA.
- Manser, T., Howard, S.K., & Gaba, D.M. (2008). Adaptive coordination in Cardiac Anesthesia: A study of Situational Changes in Coordination Patterns Using a New Observation System. *Ergonomics*, 51 (8), 1153-1178.
- McComas, J.J., Moore, T., Dahl, N., Hartmans, E., Hoch, J., & Symons, F. (2009). Calculating Contingencies in Natural Environments: Issues in the Application of Sequential Analysis. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 2, 413-423.
- McIntyre, R., & Salas, E. (1995). Team performance in complex environments: What we have learned so far. In R. Guzzo & E. Salas (Eds.), *Team effectiveness and decision-making in organizations* (pp.9-45). San Francisco: Jossey-Bass.
- Mishra, J. L., Allen, D. K., & Pearman, A. P. (2011). Activity theory as a methodological and analytical framework for information practices in emergency management. *Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM)*. Available Online at: <http://www.iscramlive.org/ISCRAM2011/proceedings/papers/140.pdf>.
- Morgan, B. B. Jr., Glickman, A. S., Woodard, E. A., Blaiwes, A. S., & Salas, E. (1986). Measurement of team behaviors in a Navy environment (NTSC Tech. Rep. No. 86-014). Orlando, FL: Naval Training Systems Center.
- Morin, M. (2008). Concepts de base en sécurité civile.
- Needleman, S., & Wunsch, C. (1970). A general method applicable to the search for similarities in the amino acid sequence of two proteins. *Journal of Molecular Biology*, 48, 443-453.
- Norman, D.A. (1981). Categorization of actions slips. *Psychological Review*, 88, 1-15.
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action (pp. 1-18). Springer US.
- Office of Emergency Services (2007) Firescope: Field Operations Guide. Incident Command System Publication 420-1.
- Orasanu, J. M., & Salas, E. (1993). Team Decision Making in Complex Environments. In G. A. Klein, J. M. Orasanu, R. Calderwood, & C. E. Zsombok (Eds.), *Decision making in action: Models and methods* (pp. 327-345). Norwood, NJ: Ablex.
- Paris, C. R., Salas, E., and Cannon-Bowers, J. A. (2000). Teamwork in multi-person systems: a review and analysis. *Ergonomics*, 43(8), 1052-1075.
- Quera, V., & Bakeman, R. (2000). Quantification strategies in behavioral observation research. In T. Thompson & D. Felce (Eds.), *Behavioral observation: Technology and application in developmental disabilities* (pp. 297-315). Baltimore: Brookes.
- Ramenzoni, V. C., Davis, T. J., Riley, M. A., Shockley, K., & Baker, A. A. (2011). Joint action in a cooperative precision task: nested processes of intrapersonal and interpersonal coordination. *Experimental brain research*, 211(3-4), 447-457.
- Rajivan, P., Champion, M., Cooke, N. J., Jariwala, S., Dube, G., & Buchanan, V. (2013). Effects of Teamwork versus Group Work on Signal Detection in Cyber Defense Teams. *Foundations of Augmented Cognition* (pp. 172-180). Springer Berlin Heidelberg.

- Roberts, K. H., & Rousseau, D. M. (1989). Research in nearly failure-free, high-reliability organizations: having the bubble. *Engineering Management, IEEE Transactions on*, 36(2), 132-139.
- Rosenthal, U., Boin, A., & Comfort, L. K. (Eds.). (2001). *Managing crises: Threats, dilemmas, opportunities*. Springfield: Charles C Thomas.
- Rousseau, V., Aubé, C., & Savoie, A. (2006). Teamwork Behaviors: A Review and an Integration of Frameworks. *Small Group Research*, 37(5), 540-570.
- Salas, E., Cooke, N. J., & Rosen, M. A. (2008). On teams, teamwork, and team performance: Discoveries and developments. *Human factors*, 50(3), 540 – 547.
- Salas, E., & Fiore, S. M. (Eds.). (2004). *Team cognition: Understanding the factors that drive process and performance*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Salas, E., Sims, D. E., & Burke, C. S. (2005). Is there a "big five" in teamwork? *Small Group Research*, 36 (5), 555-599.
- Salas, E., Rosen, M. A., Burke, C. S., Nicholson, D., & Howse, W. R. (2007). Markers for enhancing team cognition in complex environments: The power of team performance diagnosis. *Aviation, space, and environmental medicine*, 78(Supplement 1), B77-B85.
- Salas, E., Stagl, K. C., Burke, C. S., & Goodwin, G. F. (Eds.). (2007). *Fostering Team Effectiveness in Organizations: Toward an Integrative Theoretical Framework (Vol. 52)*: University of Nebraska Press.
- Scholtens, A. (2008). Controlled collaboration in disaster and crisis management in the Netherlands, history and practice of an overestimated and underestimated concept. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 16(4), 195-207.
- Serfaty, D., Entin, E. E., & Johnston, J. (1998). Team adaptation and coordination training. In J.A. Cannon-Bowers & E. Salas (Eds.), *Decision making under stress: Implications for training and simulation* (pp. 221-245). Washington, DC: American Psychological Association.
- Sexton, J.B., & Helmreich, R.L. (1999). Analysing cockpit communication: The links between language, performance, error, and workload. Paper presented at the Tenth International Symposium on Aviation Psychology, Columbus, OH
- Stammers, R. B., & Hallam, J. (1985). Task allocation and the balancing of task demands in the multi-man-machine system-some case studies. *Applied Ergonomics*, 16, 251-257.
- Stout, R. J., Cannon-Bowers, J. A., Salas, E., & Milanovich, D. M. (1999). Planning, shared mental models, and coordinated performance: An empirical link is established. *Human Factors*, 41, 61-71.
- Svensson, J. (2002). *Communication and Performance*. Linköping, Sweden: Linköping University
- Swain, K., & Mills, V. (2003). *Implicit communication in novice and expert teams (No. DSTO-TN-0474)*. DEFENCE SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANISATION SALISBURY (AUSTRALIA) SYSTEMS SCIENCES LAB.
- Tesluk, P. E., & Mathieu, J. E. (1999). Overcoming roadblocks to effectiveness: Incorporating management of performance barriers into models of work group effectiveness. *Journal of Applied Psychology*, 84, 200-217.
- Tremblay, S., Lafond, D., Gagnon, J.-F., Rousseau, V., Granlund, R. (2010). Extending the capabilities of the C3Fire microworld as a testing platform for emergency response management. *Proceedings of the 7th International ISCRAM Conference*, Seattle

- Tremblay, S., Vachon, F., Lafond, D., & Hodgetts, H. M. (2010). Does teaming up make you less vulnerable to task interruption? Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 54th Annual Meeting (pp. 1605-1609). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society
- Tremblay, S., Vachon, F., Lafond, D., & Kramer, C. (2012). Dealing With Task Interruptions in Complex Dynamic Environments Are Two Heads Better Than One?. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 54(1), 70-83.
- Urban, J. M., Weaver, J. L., Bowers, C. A., & Rhodenizer, L. (1996). Effects of workload and structure on team processes and performance: Implications for complex team decision making. *Human Factors*, 38(2), 300-310.
- Volpe, C.E., Cannon-Bowers, J.A., & Salas, E. (1996). The impact of cross-training on team functioning: An empirical investigation. *Human Factors*, 38(1), 87-100
- Waag, W. L., & Halcomb, C. G. (1972). Team size and decision rule in the performance of simulated monitoring teams. *Human Factors*, 14, 309–314.
- Wex, F., Schryen, G., Neumann, D. (2011). Intelligent decision support for centralized coordination during emergency response Proceedings of the 8th International ISCRAM Conference–Lisbon (Vol. 1).
- Wickens, C. D., & Huey, B. M. (Eds.). (1993). *Workload Transition: Implications for Individual and Team Performance*. National Academies Press.
- Wickler, G., Potter, S., Tate, A., & Hansberger, J. (2011). The virtual collaboration environment: New media for crisis response. Proceedings of the International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM), Lisbon, Portugal
- Widmer, E. D., & Ritschard, G. (2009). The de-standardization of the life course: Are men and women equal?. *Advances in Life Course Research*, 14(1), 28-39.
- Wilson, M., & Knoblich, G. (2005). The case for motor involvement in perceiving co-specifics. *Psychological Bulletin*, 131, 460–473.
- Wilson, K. A., Salas, E., Priest, H. A., & Andrews, D. (2009). Errors in the heat of battle: taking a closer look at shared cognition breakdowns through teamwork. *Human Factors*, 49, 243-256.
- Xiao, Y., Hunter, W. A., Mackenzie, C. F., Jefferies, N. J., & Horst, R. L. (1996). Task complexity in emergency medical care and its implications for team coordination. *Human Factors*, 38, 636–645.



## **CHAPITRE IV**

### **LE MODÈLE DES FONCTIONS DE RÉGULATION: UNE EXPLICATION DYNAMIQUE DU TRAVAIL D'ÉQUIPE EN SOINS INTENSIFS**



L'unité de soins intensifs est un environnement à hauts risques où les situations d'urgence sont fréquentes (e.g., arrêt cardiorespiratoire) et doivent être traitées rapidement et efficacement par des équipes multidisciplinaires (Dubé et al., 2011). L'instabilité des patients, la complexité du domaine médical, et la forte pression temporelle compliquent le travail des équipes de soins intensifs et augmentent le risque d'erreurs médicales (Hunt, Shilkofski, Stavroudis, & Nelson, 2007). Un travail d'équipe efficace est souvent identifié comme un facteur facilitant l'amélioration de l'état clinique du patient. À l'inverse, un travail d'équipe déficient est souvent cité comme la cause première d'erreurs médicales (Kohn, Corrigan, & Donaldson, 2000; Encinosa & Hellinger, 2008). Il est donc crucial de mieux comprendre les fondements de la performance des équipes de soins intensifs. Plusieurs modèles existent dans la littérature, qui tentent d'expliquer et prédire la performance des équipes. Parmi ceux-ci, un seul semble, à notre connaissance, permettre d'expliquer la dynamique fondamentale au travail d'équipe. Le modèle des fonctions de régulation de Rousseau et al. (2006) est un modèle dynamique et intégrateur de l'efficacité des équipes. L'objectif principal de cette étude est de valider empiriquement le modèle de Rousseau et al. (2006) dans un contexte de soins intensifs et de comprendre la contribution relative de chaque fonction de régulation à la performance des équipes de soins intensifs.

L'unité de soins intensifs est un milieu de soins critiques, complexe et dynamique, où des équipes multidisciplinaires prodiguent des soins de haut niveau visant à sauver la vie de patients gravement malades (Reader et al., 2008) dont les besoins sont incertains, varient largement d'une situation à l'autre et sont en perpétuel changement (Nemeth, 2008). Le patient de soins intensifs peut être vu comme un système compromis, dont la pathologie est difficile à établir et la réponse aux traitements est difficile à prévoir (Reader et al., 2009). Établir le diagnostic et la ligne de traitement implique donc un cheminement unique à chaque patient (Nemeth, 2008). Les équipes de soins intensifs doivent traiter rapidement les patients en se basant seulement sur un diagnostic préliminaire, fondé sur des informations incomplètes et

même contradictoires, tout en gardant en tête les effets indésirables potentiels associés à la ligne de traitement choisie. L'équipe doit combiner les informations disponibles, provenant de différentes sources (antécédents du patient, signes vitaux, variables physiologiques et pathologiques, etc.) afin de choisir le traitement de première ligne le plus approprié au diagnostic présumé, et qui engendre le moins de risques collatéraux possible. Par exemple, une hypotension peut survenir chez un patient présentant un hématome intracrânien secondaire au saignement d'un anévrisme cérébral non diagnostiqué. L'hypotension en elle-même est relativement simple à traiter; de nombreux médicaments peuvent être utilisés pour augmenter la pression artérielle, de même que la simple administration de sérum intraveineux. En outre, l'hypotension doit être traitée rapidement puisqu'à long terme, une diminution de la pression artérielle réduit la perfusion cérébrale et peut occasionner d'importants préjudices. Par contre, le retour rapide à une tension artérielle normale doit être balancé avec le risque de faire augmenter le saignement au niveau de l'anévrisme, qui pourrait s'avérer mortel.

Le travail en soins intensifs nécessite un travail cognitif substantiel (Cook, Woods, & Miller, 1998). La planification, la coordination, la capacité d'anticiper l'évolution de la situation, l'évaluation des ressources disponibles et l'allocation efficace des ressources sont essentielles pour une efficacité optimale (Nemeth, 2008; St.Pierre, Hofinger, Buerschaper, & Simon, 2011). Tel que mentionné plus haut, les soins intensifs sont un environnement dynamique qui nécessite une constante vigilance de la part des intervenants puisque la situation du patient est souvent ambiguë et change constamment (Oranasu & Fischer, 2008). La pression temporelle élevée laisse peu de temps à l'équipe pour établir un diagnostic et choisir une ligne de traitement. De plus, les lignes de pratique clinique sont souvent inconsistantes, voire même contradictoires, ce qui complique le choix d'un traitement approprié (Nemeth, 2008). Le stress, une charge de travail technique et cognitive élevée, ainsi que la présence de conflits interpersonnels peuvent compliquer les soins, et les conséquences qui en découlent peuvent s'avérer catastrophiques (Oranasu & Fischer, 2008).

## Travail d'équipe et cognition

Le travail d'équipe est un élément central du travail en soins intensifs (Parush et al., 2014; Leonard, Graham, & Bonacum, 2004; O'Byrne, Weavind, & Selby, 2008; Parker & Coiera, 2000). Les équipes de soins intensifs sont des ensembles dynamiques qui reflètent l'expérience, les connaissances et les habiletés de ses membres (Eisenberg, 2008). Le travail d'équipe augmente les ressources cognitives disponibles, permet une conscience de la situation plus vaste, de plus grandes connaissances, et un partage de la charge de travail (St.Pierre et al., 2011). Le travail d'équipe en soins intensifs est particulièrement complexe en raison des spécificités du milieu: tâches distribuées, non normalisées, et imprévisibles (Hendrie, Sammartino, Silvapulle, & Braitberg, 2007; Jones & Nemeth, 2005), interruptions fréquentes, multitâches (Chisholm, Collison, Nelson, & Cordell, 2000; Grundgeiger et al., 2010), et équipes instables sont tous des facteurs qui compromettent un travail d'équipe efficace (Nemeth, 2008). Les intervenants doivent ici prendre des décisions rapides et correctes en situation critique (par exemple lors d'une réanimation en traumatologie; Falcone, Daugherty, Scheer, Patterson, Brown, & Garcia, 2008) malgré un manque d'expérience commune (Anderson, Murphy, Boyle, Aeger, & Halamek, 2006). Comme les décisions prises peuvent avoir de graves conséquences, les équipes de soins tentent continuellement de trouver la «bonne histoire» au milieu d'une masse complexe et souvent conflictuelle d'information. Toutefois, répondre à ces situations critiques en temps réel est extrêmement difficile pour la majorité des intervenants. Dans une situation aussi complexe que les soins intensifs, la prise de décision ne sera jamais complète (St.-Pierre et al., 2011). La pression temporelle ne permet pas une évaluation exhaustive de toute l'information idiosyncrasique de la situation actuelle. Les intervenants en soins intensifs ont alors recours à des raccourcis mentaux et aux leçons qu'ils ont tirées de leurs expériences passées pour prendre leurs décisions (Eisenberg, 2008; St.-Pierre et al., 2011). Le modèle mental d'expériences précédentes similaires sert de base pour définir et comprendre la situation actuelle, et des schémas de traitement préétablis définissent la ligne de traitement (St.-Pierre et al., 2011). Toutefois, une utilisation excessive des raccourcis mentaux est souvent à l'origine d'erreurs médicales (Eisenberg, 2005).

Les équipes de soins intensifs sont hautement hiérarchisées. En effet, la prise de décision repose essentiellement sur l'intensiviste, les autres intervenants n'ayant que peu d'influence sur la ligne de traitement choisie. Cette hiérarchie limite le partage d'information au sein de l'équipe, qui est modulé par un biais hiérarchique (Baker, Day, Salas, 2006; Eisenberg, 2008; Hunt et al., 2007; Keenan, Cooke and Hillis, 1998; Knox & Simpson, 2004; Maxson et al., 2011). Ainsi, lorsqu'un membre de l'équipe amène de nouvelles informations concernant le patient, la position hiérarchique et le statut social de cet intervenant limiteront sérieusement la qualité de la communication et de la prise de décision qui s'en suit (Eisenberg, 2008). Par exemple, une information cruciale concernant un patient qui est communiquée par un médecin aura plus d'impact que si cette même information est communiquée par un infirmier ou un préposé aux bénéficiaires. La réalité des équipes de soins intensifs est donc régie par les règles organisationnelles hiérarchiques strictes et par le rôle formel de chaque individu (Eisenberg, 2008). Bien que la volonté de lutter contre cette fragmentation interne soit de plus en plus présente chez les équipes de soins intensifs, des forces sociales et organisationnelles perpétuent le statut hiérarchique associé à chaque membre de l'équipe en fonction de son rôle ou sa profession (Eisenberg, 2008). Dès lors, l'interdisciplinarité est le but ultime exprimé, mais rarement atteint, des équipes de soins intensifs. Ici, le travail cognitif et l'expertise sont répartis entre les membres d'une équipe multidisciplinaire. Une équipe de réanimation traditionnelle est composée de deux infirmières, d'un médecin résident, d'un médecin intensiviste, d'un inhalothérapeute et d'un préposé aux bénéficiaires (voir Figure 21). Les équipes médicales sont traditionnellement composées d'intervenants possédant différentes habiletés, connaissances et responsabilités. Les actions que chaque intervenant est autorisé à effectuer ou à commenter sont habituellement clairement définies, et plutôt rigides (Eisenberg, 2008). Pour être aussi efficaces que possible, les membres de l'équipe doivent partager une connaissance précise de l'environnement clinique et maîtriser l'utilisation des outils et du matériel disponibles. En effet, dans une situation qui évolue aussi rapidement, un petit problème technique peut menacer sérieusement les chances de survie du patient (Fanning et al., 2013). Cependant, les différences dans la perception du travail d'équipe et dans les compétences perçues (par exemple,

l'attitude positive) des membres de l'équipe, il est difficile d'établir une vision commune de la tâche à accomplir et du travail d'équipe requis (Leggat, 2007).

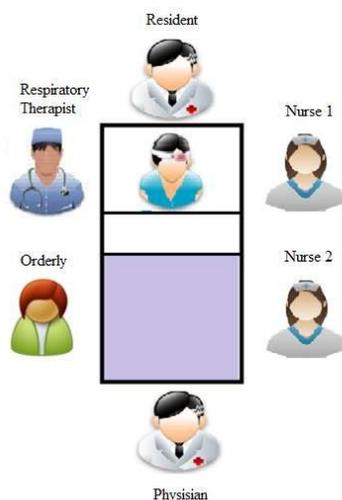


Figure 21. Équipe typique de réanimation en soins intensifs.

### Les erreurs médicales aux soins intensifs

Le travail d'équipe aux soins intensifs est complexe, en raison des rôles professionnels différents, de la hiérarchie au sein de l'équipe, et la forte pression temporelle (Maxson et al., 2011). À cela s'ajoute une surcharge cognitive, qui augmente le risque d'erreurs médicales. Les erreurs médicales sont un fléau important, qui ont des répercussions majeures pour la société (Kohn et al., 2000; voir aussi Encinosa & Hellinger, 2008). Les erreurs dans un milieu aussi complexe et sophistiqué que les soins intensifs sont difficiles à isoler et à comprendre. En effet, il semblerait que les erreurs, même simples en apparence, soient le plus souvent dues à un concours de circonstances qui, prises individuellement, n'auraient probablement pas occasionné de problème (Eisenberg, 2008; Kohn et al., 2000). Comme c'est souvent le cas lors de situations à haut risque, plusieurs erreurs sont reliées à des facteurs humains - comme les erreurs de fixation, une mauvaise communication, le recours à un raccourci mental inapproprié, ou une incapacité à juger de l'urgence de la situation - plutôt qu'à des problèmes d'équipement défectueux ou de matériel inadéquat (Eisenberg, 2008; St.Pierre et al., 2011; Fanning et al., 2013; Peebles, Subbe, Hughes, & Gemmell, 2012; McCulloch, Rathbone, & Catchpole, 2011). En fait, il semblerait que bon nombre des

erreurs associées à l'environnement des soins intensifs soient occasionnées par des problèmes reliés au travail d'équipe. La communication, le leadership, la coordination, et la prise de décision seraient particulièrement critiques pour les erreurs médicales (Reader et al., 2009; St.Pierre et al., 2011). L'accomplissement simultané de plusieurs tâches, les constantes interruptions et la pression temporelle caractéristique des soins intensifs sont aussi des agents facilitant les erreurs (Chrisolm et al., 2000; Hendrie et al., 2007).

Plusieurs erreurs médicales aux soins intensifs sont associées à des problèmes de communication interprofessionnelle (Andersen, Jensen, Lippert, & Østergaard, 2010; DeVita, Schaefer, Lutz, Wang, & Dongilli, 2005; McCulloch et al, 2011; Hicks, Bandiera, & Denny, 2008; Hunziker et al, 2011; Weller, Janssen, Merry, & Robinson, 2008). En fait, selon Wilson et al. (1995), les erreurs de communication entraînent deux fois plus de morts et d'erreurs médicales que toute autre cause. Il semblerait aussi que les équipes de soins intensifs les plus performantes lors d'une simulation de réanimation sont celles qui font plus de demandes claires et directes, qui utilisent une boucle de communication fermée, qui communiquent clairement l'urgence des problèmes, et qui partagent l'information essentielle au plan de soins (Ottestad, Boulet, & Lighthall, 2007).

En raison de l'importance du travail d'équipe en soins intensifs, et du nombre important d'erreurs médicales engendrées par le travail d'équipe, il est primordial de mieux comprendre la nature du travail d'équipe en soins intensifs. L'objectif de cette étude est de valider empiriquement un modèle de l'efficacité du travail d'équipe à l'aide d'une simulation de situation d'urgence en soins intensifs.

### **Le modèle des fonctions de régulation**

Le rôle central que joue le travail d'équipe en soins de santé, particulièrement en soins intensifs, et l'impact qu'il peut avoir sur la survie des patients souligne l'importance de mieux comprendre les déterminants de la performance dans ce domaine. Le modèle des fonctions de régulation de Rousseau et al. (2006) étudié ici est un modèle dynamique et intégrateur de l'efficacité des équipes de travail. Rousseau et

al. (2006) ont développé, sur la base d'une revue de la littérature, un modèle intégrateur relatif aux comportements de travail d'équipe. Ce modèle se distingue par l'intégration de fonctions non redondantes et par son aspect dynamique. Au total, le modèle prend en considération 14 dimensions comportementales essentielles à l'efficacité des équipes de travail. Ces dimensions ont été intégrées en fonctions plus générales, tirées de la théorie de l'action et adaptées au travail d'équipe (Frese & Zapf, 1994; Hacker, 2003; Norman, 1981; Norman & Shallice, 1986). Les deux fonctions de base renvoient à la régulation de la performance de l'équipe et à la gestion du maintien de l'équipe. Seule la régulation de la performance de l'équipe est étudiée ici (elle correspond à la branche gauche de la Figure 22).

Dans le modèle de Rousseau et al. (2006), la régulation de la performance de l'équipe est divisée en quatre fonctions, soit la préparation de l'accomplissement du travail, les comportements de collaboration, les comportements d'évaluation du travail et les comportements d'ajustement (voir Figure 22). La préparation de l'accomplissement du travail, ici appelée préparation, se rapporte à l'analyse de la tâche et à la prévision dans le temps des actions à entreprendre pour atteindre l'objectif de l'équipe. Les comportements de collaboration, nommés ci-après collaboration, réfèrent à l'application du plan de travail défini précédemment. Ici, la coordination des actions en vue d'atteindre l'objectif de l'équipe est centrale. Les comportements d'évaluation du travail, ou simplement évaluation, renvoient à l'évaluation de l'environnement interne et externe de l'équipe. Ici, l'équipe s'assure qu'ils suivent toujours le plan prédéterminé, et que ce plan est toujours valide. Finalement, les comportements d'adaptabilité, appelés ici ajustement, réfèrent à la capacité d'une équipe à modifier son fonctionnement en vue de répondre à des changements dans l'environnement interne et externe de l'équipe. Selon la théorie de l'action, le recours approprié aux quatre fonctions devrait entraîner une performance optimale (Frese & Zapf, 1994; Norman, 1981; Norman & Shallice, 1986).

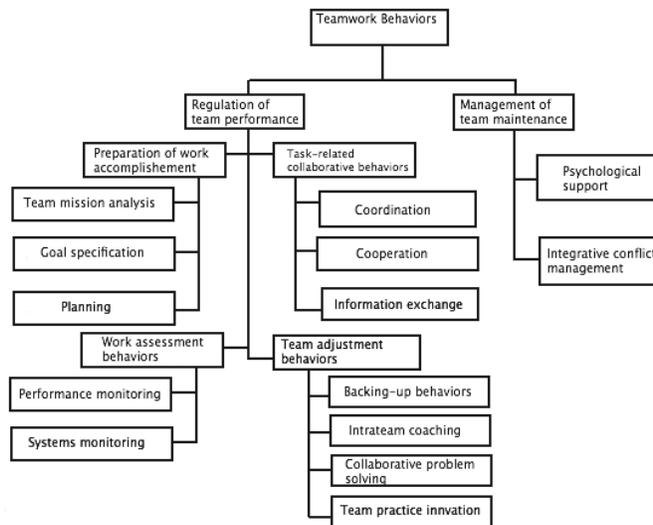


Figure 22. Modèle des fonctions de régulations de Rousseau et al. (2006).

Une caractéristique fondamentale du modèle des fonctions de régulation est son aspect dynamique, reflété par le caractère séquentiel des fonctions de régulation. En effet, toujours selon la théorie de l'action, la performance de l'équipe sera optimale si les fonctions de régulation suivent l'ordre présenté à la Figure 23, soit : préparation-collaboration-évaluation-(ajustement/collaboration; Frese & Zapf, 1994). Cette séquence peut être répétée de façon cyclique et être réinitialisée au besoin.

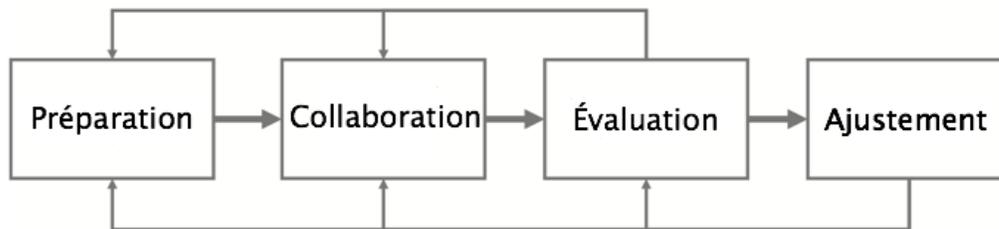


Figure 23. Séquence des fonctions de régulation proposée par le modèle de Rousseau et al. (2006).

Bien que le modèle de Rousseau et al. (2006) soit intéressant, il s'agit d'un modèle strictement théorique. L'objectif de cette étude est donc de valider empiriquement le modèle dans un contexte de réanimation aux soins intensifs. La validité empirique du modèle sera évaluée par l'observation d'une simulation et

l'analyse des communications au sein de l'équipe. Si le modèle des fonctions de régulation est valide en pratique, les équipes les plus performantes devraient présenter les quatre fonctions de régulation.

## **Présente étude**

### ***Objectifs et hypothèses***

L'objectif principal de cette étude est d'offrir une première validation empirique du modèle des fonctions de régulation en contexte de soins intensifs. L'objectif spécifique consiste à comprendre la contribution relative de chacune des fonctions de régulation dans le fonctionnement et l'efficacité des équipes soins intensifs. Selon le modèle, les fonctions de préparation, de collaboration, d'évaluation et d'ajustement devraient toutes être reliées à une bonne performance. Toutefois, comme les fonctions de régulation sont un mélange de différents processus d'équipe, leur contribution individuelle à la performance des équipes de soins intensifs n'est pas connue. Toutefois, selon le modèle de Rousseau et al. (2006) et la théorie de l'action (Frese & Zapf, 1994), les fonctions de régulation devraient toutes être reliées à une performance optimale des équipes de soins intensifs. De plus, les fonctions de régulation devraient suivre la séquence proposée par le modèle des fonctions de régulation de Rousseau et al. (2006) : préparation-collaboration-évaluation-(ajustement/collaboration).

### ***Analyse des fonctions de régulation***

Les fonctions de régulation ont été obtenues par l'entremise d'une analyse des communications. L'analyse des communications permet une analyse holistique du travail d'équipe, où l'unité d'analyse est l'équipe entière (Cooke, Salas, Cannon-Bowers, & Stout, 2000; Gorman et al., 2006; Guastello, Bock, Caldwell, & Bond, 2005; Guastello & Guastello, 1998). Plusieurs chercheurs considèrent en fait les communications comme une fenêtre qui permet l'observation directe des processus d'équipe (Kiekel et al., 2001).

L'analyse du contenu des communications est un ensemble de procédures non invasives permettant d'extraire de l'information valide et reproductible d'un ensemble de communications (Krippendorff, 2013; Downe-Wamboldt, 1992). Pour ce faire, une

grille d'analyse du contenu des communications a été développée en suivant les huit étapes de Downe-Wamboldt (1992). Tout d'abord, chaque fonction de régulation a été clairement définie et opérationnalisée à l'aide d'une liste d'exemples tirée des enregistrements vidéo. Cette grille préliminaire a été évaluée par un expert connaissant très bien le modèle des fonctions de régulation. Ceci a permis d'assurer une bonne correspondance entre la grille et le modèle théorique. La grille préliminaire a ensuite été testée par l'équipe de codification. Chaque codeur a analysé un échantillon d'enregistrement vidéo (tous le même) et a fourni une liste de commentaires concernant l'exhaustivité de la grille et l'exclusivité des codes. Les codeurs ont également extrait des exemples de communication jugés difficiles à associer à l'une ou l'autre des fonctions. Suite à ces commentaires, la grille d'analyse a été révisée et retestée par l'équipe de codification qui a, encore une fois, fourni une liste de commentaires. En raison de la complexité de l'analyse, des séances de codification ont été faites en groupe. L'équipe de codeur s'est réunie en entier pour codifier des extraits d'enregistrement vidéo. Les membres de l'équipe ont ainsi pu discuter des communications plus ambiguës, et atteindre une compréhension commune de la grille d'analyse. Ces étapes ont été répétées en boucles jusqu'à l'obtention d'une grille d'analyse précise, exhaustive, et constituée de codes mutuellement exclusifs (Krippendorff, 2013).

La grille d'analyse finale est composée de cinq codes : 1) préparation, 2) collaboration, 3) évaluation, 4) ajustement, et 5) autre. Le Tableau 9 donne un exemple concret de chaque code, tiré de la grille d'analyse. Les codes font référence aux quatre fonctions de régulation du modèle de Rousseau et al. (2006). Le cinquième code, «autre», a été ajouté pour permettre de codifier toute communication ne faisant pas référence au travail d'équipe ou à la tâche (par exemple, des communications en lien avec l'environnement expérimental, qui n'auraient pas lieu dans une situation réelle).

Tableau 9

*Exemples de communication tirés des enregistrements vidéo pour chaque code de la grille d'analyse*

<b>Code</b>	<b>Exemple</b>
Préparation	« Premièrement, on va dégager. Ensuite, on va le descendre ».
Collaboration	« Apporte-moi donc des gants svp. »
Évaluation	« On n'a toujours pas d'amélioration quant à sa pression artérielle. On a demandé du sang ».
Ajustement	« Il faudrait changer un peu les paramètres. »
Autre	«ok, je fais semblant de badigeonner la zone»

L'unité d'analyse choisie pour cette étude est la discussion. Une discussion est un ensemble de communications de taille variable qui réfèrent à un même sujet (voir Chapitre II pour une description détaillée). Par exemple, dans l'ensemble de communications qui suit :

1. Intensiviste: Hélène, as-tu ausculté le patient?
2. Inhalothérapeute: Oui, c'est clair des deux côtés.
3. Intensiviste: Pas de wheezing?
4. Inhalothérapeute: Non, rien.
5. Intensiviste: Ok. Puis c'est quoi les paramètres du ventilateur encore?
6. Inhalothérapeute: On est en assist-control, 10 x 1200, avec une FiO2 à 100%
7. Intensiviste: Ok... merci.

Dans cet exemple, l'intensiviste discute tout d'abord avec l'inhalothérapeute de l'auscultation des plages pulmonaires du patient (phrases une à quatre). Puis, le sujet change : l'intensiviste se renseigne sur les paramètres de ventilation (phrases cinq à sept). Puisque le sujet de conversation change en cours de route, cet échange serait divisé en deux discussions.

L'analyse des communications a été effectuée par une équipe de cinq codeurs, incluant un expert en soins intensifs. Chaque enregistrement a été analysé par une équipe de deux codeurs, puis par un troisième codeur indépendant. Comme le milieu de la santé est un monde complexe, deux codeurs ont travaillé en simultané sur les enregistrements de façon à bien identifier les interlocuteurs, et à s'assurer d'une bonne compréhension des termes médicaux. Un troisième codeur a travaillé individuellement sur les enregistrements afin d'obtenir un accord interjuge.

### *Analyse de la performance*

La mesure de performance développée dans cette étude est une mesure objective basée sur l'atteinte des objectifs de l'équipe (Tschan, Semmer, Nägele, & Gurtner, 2000). Le scénario utilisé ici présente un patient dans un état critique, mais qui a encore un pouls. Selon les actions posées par l'équipe, le patient pourra se retrouver en arrêt cardiorespiratoire, ou non. Comme une bonne mesure de performance doit être basée sur les techniques et procédures propres au traitement de l'état actuel du patient (Tschan et al., 2006), l'index de performance doit ici tenir compte de la possibilité que le patient ne tombe jamais en arrêt cardiaque, et aussi de la qualité de l'intervention, le cas échéant. La mesure de la performance est donc fondée sur les lignes directrices de l'ACLS pour une tachycardie ventriculaire chez l'adulte et pour un arrêt cardiaque. La performance est calculée par la somme de la proportion du temps pendant lequel le patient a un pouls et de la proportion de temps pendant lequel le patient n'a pas de pouls, mais reçoit un massage cardiaque:

$$\text{Performance} = \left( \frac{\text{TpsPouls}}{\text{TpsTotal}} \right) + \frac{\text{TpsMassage} - \text{TpsSansPouls}}{\text{TpsTotal}}$$

La première partie de la formule reflète la capacité de l'équipe à éviter un arrêt cardiaque alors que la deuxième partie représente la qualité de l'intervention en cas d'arrêt cardiaque.

L'analyse de la performance a aussi été obtenue à l'aide de l'analyse vidéo. Deux experts en soins intensifs ont développé une grille d'analyse incluant deux grandes catégories: 1) support circulatoire et, 2) circulation compromise. Le Tableau 10

présente les éléments de la grille d'analyse (pour une discussion plus approfondie sur la grille d'analyse de la performance, se référer au Chapitre II).

Tableau 10

*Grille d'analyse de la performance*

<b>Support circulatoire</b>	<b>Circulation compromise</b>
Massage, TA inférieure à 40	Choc et massage requis
Massage	Choc requis
Choc	Intubation

Deux codeurs ont visionné les enregistrements individuellement et ont appliqué la grille d'analyse de la performance. À l'aide du logiciel Observer® XT (Figure 24), la durée de chaque action et de chaque état observé dans le scénario a été enregistrée.



Figure 24. Le logiciel Observer XT tel qu'utilisé pour analyser la performance des équipes de réanimation en soins intensifs.

### Méthode

Le centre Apprentiss est un centre de simulation haute fidélité où sont représentés divers départements d'un hôpital. Le choix du matériel médical a été fait en fonction de ce qui est le plus répandu dans les hôpitaux de la région de Québec. Des mannequins haute-fidélité y sont utilisés à des fins de formation et de recherche. Un mannequin haute-fidélité est une représentation anatomique à l'échelle d'un patient, qui répond de façon pathophysiologique et pharmacologique aux manipulations de l'équipe médicale (Tsai, Harasym, Nijssen-Fordan, Fennett, & Powell, 2003). Le mannequin,

ainsi que les autres appareils médicaux, sont contrôlés par les expérimentateurs. Seul le ventilateur n'est pas contrôlé, il se comporte exactement comme s'il était en présence d'un véritable patient. Ceci favorise le réalisme du centre Apprentiss et augmente l'engagement des participants. La Figure 25 présente le cadre expérimental de l'étude.

### ***Participants***

Dix équipes multidisciplinaires de soins intensifs (36 hommes et 24 femmes, âge moyen de 40 ans, avec en moyenne 9 années d'expérience en soins intensifs) ont été recrutées dans deux hôpitaux universitaires de la ville de Québec (Hôtel Dieu de Québec et Hôpital de l'Enfant-Jésus). Chaque équipe est composée de six participants: un médecin résident (R3 ou plus), un médecin intensiviste, deux infirmiers, un inhalothérapeute et un préposé aux bénéficiaires (voir Figure 21). Les équipes ont été composées de façon semi-aléatoire. Les participants ont été affectés aléatoirement à une équipe, tout en respectant leur hôpital d'attache, de façon à ce que tous les membres d'une équipe proviennent du même milieu.



*Figure 25.* Cadre expérimental d'Apprentiss.

### ***Lieux physiques et matériel***

La simulation s'est déroulée dans une salle du centre Apprentiss aménagée de façon à reproduire le plus fidèlement possible une chambre de soins intensifs. La salle est équipée d'un mannequin HPS (Medical Education Technologies Inc., Florida), d'un

ventilateur AVEA® (CareFusion), d'un moniteur cardiaque IntelliVue MP60 (Philips Healthcare), un défibrillateur ZOLL® M Series® (Zoll) ainsi que du matériel traditionnellement retrouvé dans les chambres de soins intensifs et les chariots de réanimation des hôpitaux de Québec. Le mannequin HPS présente une physiologie humaine, incluant un pouls palpable, des sécrétions, la possibilité d'intubation oesophagienne, la dilatation et la contraction des pupilles, et la capacité d'enregistrer une défibrillation. Les poumons du mannequin inhalent et expirent les gaz anesthésiques, répondent à la ventilation mécanique, et à la médication inhalée. Le mannequin HPS se combine également avec les moniteurs cardiaques.

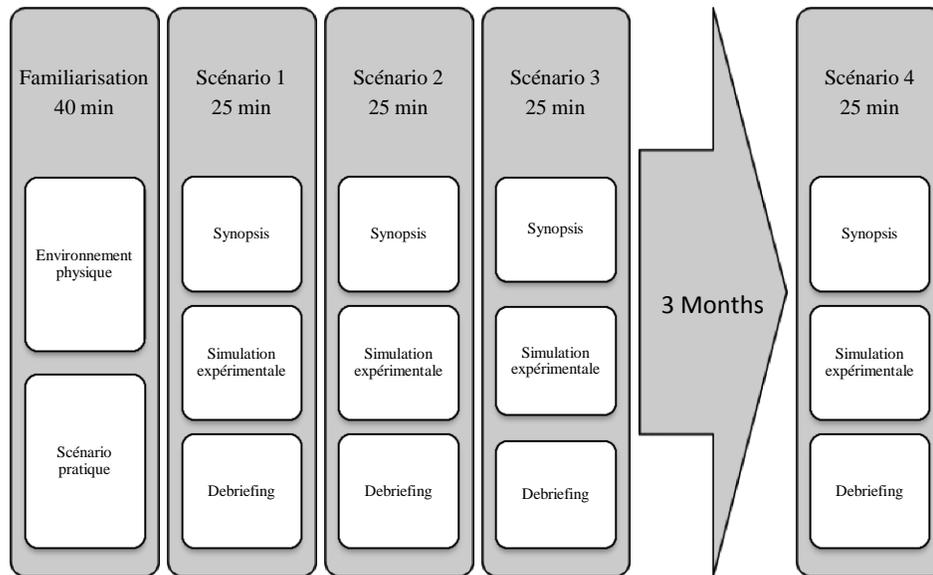
La salle de simulation est équipée d'un système de trois caméras et de six microphones individuels permettant l'enregistrement de vidéos et de pistes sonores individuelles. Les visages des participants ont été brouillés afin de conserver leur anonymat. Une salle de contrôle attenante à la salle de simulation permet aux expérimentateurs de suivre l'évolution de la simulation et d'en contrôler certains aspects, notamment le moniteur cardiaque et certaines réponses du mannequin.

### ***Procédure***

Chaque équipe a été individuellement invitée à une journée de formation en réanimation (ACLS : « Advanced Cardiac Life Support » et situations d'urgences aux soins intensifs). La formation sur le simulateur haute fidélité du centre Apprentiss de l'Université Laval a servi de base à l'expérimentation. Un expérimentateur et deux techniciennes étaient responsables de l'aspect expérimental.

La journée de formation et d'expérimentation débute par une visite standardisée de la salle d'expérimentation d'une durée de 20 minutes. Durant cette période, les participants sont invités à se familiariser avec les lieux physiques, l'emplacement du matériel, et le fonctionnement d'appareils inconnus, le cas échéant. La familiarisation est suivie d'un scénario de pratique de 25 minutes et de 3 scénarios test, également de 25 minutes chacun. Avant chaque scénario, les participants reçoivent un préambule écrit décrivant les informations connues du cas. Les participants ont quatre minutes pour lire le préambule et retenir les informations pertinentes au cas. Les équipes

reçoivent également un débriefing après chaque scénario, à des fins de formation. À la fin de la journée, un questionnaire est remis à tous les participants afin de recueillir leurs données démographiques. Trois mois après leur formation, les équipes sont de nouveau conviées au centre Apprentiss pour une dernière simulation. Seul le dernier scénario de la première journée de simulation (scénario 3) est utilisé ici. La Figure 26 illustre le déroulement de l'expérimentation.



*Figure 26.* Déroulement typique de l'expérimentation. Les participants se présentent pour une première journée de formation incluant une séance de familiarisation et trois scénarios tests. L'équipe revient au laboratoire trois mois plus tard pour un dernier scénario test.

### **Scénario**

Tous les scénarios portent sur des situations d'urgence aux soins intensifs. Ils ont tous été développés par des experts en soins intensifs et en simulation. Les grandes lignes des scénarios sont scénarisées, toutefois les actions de l'équipe influencent grandement le cours des événements. Un seul scénario a été retenu pour cette étude, le scénario trois, pour des raisons techniques. En effet, l'analyse des communications s'est avérée un processus long et complexe. Afin de conserver une équipe de codification stable, il a été nécessaire de limiter l'analyse des communications à un seul scénario. Le choix du scénario a été guidé par deux facteurs. Premièrement, une analyse du niveau de difficulté a permis de comparer les quatre

scénarios. Le niveau de difficulté du scénario trois se trouve très près de la moyenne des trois scénarios. De plus, le scénario trois est le dernier à être effectué dans la première journée d'expérimentation. Dès lors, l'équipe est plus familière avec l'environnement expérimental.

Le scénario sélectionné ici débute par une situation critique où il y a urgence d'agir. Le synopsis présente un patient masculin de 32 ans transféré à l'unité de soins intensifs la veille pour une pneumonie sévère avec suspicion d'Influenza. Le diagnostic réel est un rythme idioventriculaire secondaire à une hyperkaliémie et une acidose (rhabdomyolise causée par un streptocoque  $\beta$ -hémolytique), et une réaction allergique au Dilaudid. Le cas évolue en fonction du synopsis de base, mais est également influencé par l'intervention de l'équipe. Le synopsis détaillé du scénario trois est présenté à l'Annexe A. Le diagnostic réel doit être effectué rapidement et un traitement ciblé doit aussitôt être débuté par l'équipe afin de maximiser les chances de survie du patient.

## **Résultats**

Comme l'objectif de la présente étude est de valider empiriquement un modèle théorique du travail en équipe, un plan corrélationnel confirmatoire a été utilisé (Pelletier, Boivin, & Alain, 2003). La réalité du système de santé au Canada fait en sorte qu'il est très difficile de rassembler des professionnels de la santé à des fins d'expérimentation (les membres du personnel des soins intensifs doivent souvent faire plusieurs heures supplémentaires obligatoires par semaine). Pour cette raison, seulement dix équipes ont participé à cette étude. Un plan expérimental est donc difficilement réalisable ici. Toutefois, puisqu'aucune manipulation expérimentale n'est nécessaire pour la validation du modèle théorique des fonctions de régulation, le recours à un plan corrélationnel confirmatoire s'est avéré plus approprié. En effet, la puissance statistique est moins limitée puisque les dix équipes ne sont pas divisées en groupes. En outre, l'utilisation d'un plan corrélationnel confirmatoire offre un niveau plus élevé de validité externe (Pelletier et al., 2003), ce qui est en ligne avec l'objectif d'utiliser une simulation à haute fidélité.

## ***Performance***

La valeur de l'indice de performance, calculée à partir du temps sans pouls et du temps de massage cardiaque, a été calculée pour chaque équipe. L'indice de performance s'étend de zéro à un, où zéro est la pire performance possible, et un, la meilleure performance possible. Toutes les équipes présentent un assez bon niveau de performance, avec très peu de variation entre les équipes (voir Tableau 11), ce qui peut limiter l'observation d'un lien entre la performance et d'autres variables. L'accord interjuge pour l'index de performance montre un accord substantiel, avec Kappa = .613 (Landis & Koch, 1977).

Tableau 11

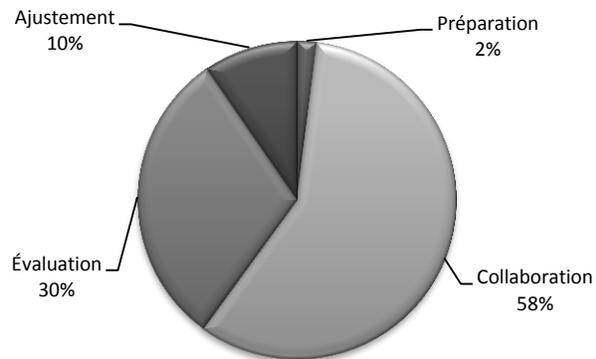
*L'indice de performance moyen et médian, ainsi que l'écart-type.*

	Indice de performance
Performance moyenne	.93
Performance médiane	.93
Écart-type	.06
Meilleure équipe	1.00
Pire équipe	.83

## ***Fonctions de régulation***

Les fonctions de régulation ont été obtenues par l'analyse du contenu des communications. Une analyse interjuge a montré un niveau d'accord substantiel, Kappa = .812,  $p = .000$ . La fréquence de chacune des quatre fonctions a été calculée. La fréquence des fonctions a aussi été mise en relation avec la fréquence totale de communications pour chaque équipe afin d'obtenir la proportion de communications allouée à chaque fonction. Les résultats montrent que la fonction de collaboration est la fonction la plus utilisée par les équipes, avec 58% des communications qui lui sont consacrées. L'évaluation est la seconde fonction de régulation la plus importante, avec 30% des communications, suivie par l'ajustement, avec 10%. Enfin, la fonction de

préparation est pratiquement absente, avec seulement 2% des communications qui lui sont allouées. La Figure 27 illustre ces résultats.



*Figure 27.* Proportion des communications allouée à chacune des quatre fonctions de régulation.

*Relation entre la performance et la fréquence des fonctions.*

L'objectif de la présente étude est de valider empiriquement un modèle théorique du travail d'équipe. Pour ce faire, un plan corrélationnel confirmatoire a été utilisé (Pelletier et al., 2003), tel que mentionné précédemment. Puisque les valeurs de performance et de fréquence en elles-mêmes n'ont que peu d'importance ici, le tau de Kendall pour données rangées a été réalisé entre la performance de l'équipe et la fréquence observée de chacune des fonctions de régulation. De plus, comme le faible nombre d'observations ne permet pas d'assumer la normalité de la distribution des données, le recours à une corrélation de rangs est d'autant plus approprié (Howell, 1997). Les résultats sont présentés dans le Tableau 12.

Les résultats obtenus montrent un lien entre la performance des équipes et la fréquence de communications concernant la collaboration. Il semblerait que les équipes qui performent le mieux ont moins recours aux communications de collaboration que les équipes qui performent moins bien. Aucune relation n'a été observée entre la performance et la fréquence des autres fonctions de régulation.

Tableau 12

*t de Kendall entre la performance et la fréquence de chaque fonction de régulation*

	Performance
Préparation	t = -.99 p = .354
Collaboration	t = -.484 p = .031
Évaluation	t = -.171 p = .256
Ajustement	t = -.220 p = .200

*Probabilité de transition entre les fonctions de régulation*

Un aspect distinctif du modèle des fonctions de régulation de Rousseau et al. (2006) est sa nature séquentielle. Le nombre d'observations dans cette étude ne permet malheureusement pas le recours à des analyses séquentielles, nécessaires à la validation de cet aspect du modèle. Toutefois les probabilités de transition d'une fonction de régulation à une autre offrent une image générale de la séquence avec laquelle les fonctions de régulation sont utilisées par les équipes. LA Figure 28 illustre la relation entre les fonctions de régulation. Les valeurs des probabilités de transition d'une fonction à l'autre sont listées dans le Tableau 13.

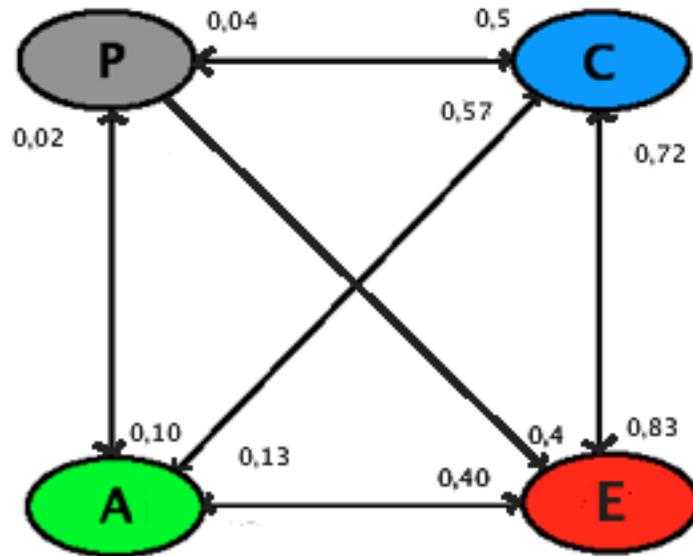


Figure 28. Probabilités de transition d’une fonction de régulation à l’autre.

Tableau 13

Probabilité de transition en pourcentage pour toutes les équipes

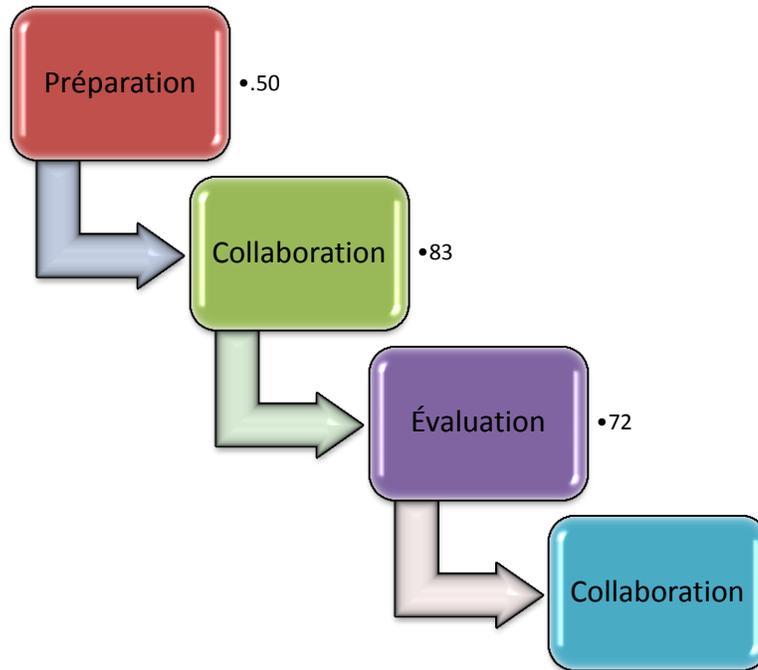
	<b>[-&gt; P]</b>	<b>[-&gt; C]</b>	<b>[-&gt; As]</b>	<b>[-&gt; Ad]</b>
<b>[P -&gt;]</b>	0	50	40	10
<b>[C -&gt;]</b>	3.6	0	82.8	13.1
<b>[As -&gt;]</b>	1.7	71.8	0	26.0
<b>[Ad -&gt;]</b>	2.2	56.9	40.5	0

Les résultats obtenus montrent que les équipes de soins intensifs tendent à utiliser les fonctions de régulation en suivant la séquence proposée par le modèle de Rousseau et al. (2006) présentée à la Figure 3.

## Discussion

L'objectif de la présente étude est de valider le modèle théorique des fonctions de régulation de Rousseau et al. (2006). Les fonctions de régulation ne semblent pas toutes avoir la même importance pour le travail d'équipe en soins intensifs. Non seulement la proportion de communications accordée à chaque fonction varie grandement, mais seule la fréquence de communication orientée vers la collaboration semble être liée à la performance. De plus, il semblerait que les équipes aient tendance à utiliser les fonctions de régulation en suivant la séquence proposée par Rousseau et al. (2006).

Bien que l'analyse des probabilités de transition ne soit pas suffisante à elle seule pour valider l'aspect séquentiel du modèle des fonctions de régulation, elle offre tout de même une vision générale de la façon dont les fonctions de régulation sont utilisées par les équipes de soins intensifs. Les résultats obtenus montrent que ces équipes utilisent les fonctions de régulation en respectant la séquence proposée par le modèle de Rousseau et al. (2006), soit préparation-collaboration-évaluation-(ajustement/collaboration). Ces résultats supportent la nature séquentielle du modèle des fonctions de régulation. En effet, en utilisant la fonction de préparation comme ancrage, puisqu'elle est la première fonction à apparaître selon le modèle, on observe une probabilité de transition plus importante vers la fonction de collaboration que vers les autres fonctions. Ensuite, en prenant la fonction de collaboration comme ancrage, la probabilité de transition est plus grande pour la fonction d'évaluation. Finalement, avec la fonction d'évaluation comme ancrage, on observe une plus forte probabilité de transition vers la fonction de collaboration, ce qui suit aussi la prédiction du modèle. On obtient donc la séquence préparation-collaboration-évaluation-collaboration, compatible avec le modèle de Rousseau et al. (2006), tel qu'illustré à la Figure 29. Des analyses de séquence plus précises sont toutefois nécessaires afin de valider la séquence et la mettre en relation avec la performance des équipes de soins intensifs.



*Figure 29.* Séquence de fonctions de régulation la plus probable selon les probabilités de transition.

Une corrélation négative a été observée entre la performance des équipes de soins intensifs et la fréquence des communications associées à la collaboration. Il semblerait en effet que, moins les équipes de soins intensifs discutent de collaboration, plus elles sont performantes. Cela s'explique par la façon dont la plupart des tâches sont accomplies aux soins intensifs. La majorité des tâches sont «protocollées» – c'est-à-dire qu'elles sont composées d'une séquence d'actions préétablies. Les professionnels des soins intensifs qui sont expérimentés connaissent bien ces protocoles : ils ont peu ou pas besoin de communiquer pour coordonner leurs actions et effectuer adéquatement la tâche. Le recours à ces protocoles favorise une coordination implicite au sein de l'équipe. En effet, les protocoles favorisent un modèle mental de la tâche partagé par tous les intervenants. Au moment de coordonner leurs actions, les intervenants ont peu ou pas besoin de communiquer puisqu'ils connaissent tous la séquence d'évènements à venir et peuvent se préparer et agir en conséquence. Dans une situation d'urgence où la charge de travail et la pression temporelle sont très élevées, la coordination implicite est reliée à une meilleure performance (Price et al. 2001; Dubé et

al., 2010). En effet, les ressources temporelles et cognitives qui seraient normalement utilisées pour communiquer peuvent être orientées vers d'autres aspects de la tâche, ce qui augmente l'efficacité des équipes et diminue la charge de travail cognitive ressentie (Dubé et al., 2010; Oranasu, 1993; Oranasu & Fisher, 1992). Les équipes moins performantes utilisent plus de temps et de ressources cognitives pour coordonner leurs actions. On peut penser que certains membres de ces équipes maîtrisent moins bien les protocoles prévus pour une tâche donnée.

La plus grande proportion de communications accordée à la fonction de collaboration comparativement aux trois autres fonctions s'explique de plusieurs façons. Premièrement, comme la réanimation en soins intensifs est une tâche de niveau tactique, l'équipe doit poser plusieurs actions techniques, que ce soit simultanément ou en série. La collaboration en soins intensifs nécessite donc plusieurs interactions en vue de distribuer et coordonner les tâches à accomplir. De plus, pour une situation donnée, plusieurs tâches sont souvent requises, donc plusieurs comportements collaboratifs sont observés. Par exemple, en présence d'un patient présentant une pression respiratoire de pointe élevée, plusieurs comportements de collaboration sont nécessaires entre l'intensiviste (ou le médecin résident) et l'inhalothérapeute afin de faire face à cette situation. L'équipe effectue alors une collaboration pour l'aspiration endotrachéale, une autre collaboration pour l'administration de médicaments en aérosol, et une dernière pour la modification des paramètres de ventilation.

Par contre, l'évaluation du patient et de l'environnement se fait souvent en un instant, avec un seul comportement d'évaluation. La présence d'appareils de monitoring sophistiqués dotés d'écran partagé et d'alarmes visuelles et sonores facilite l'évaluation du patient. Grâce à ces appareils, une quantité importante d'informations concernant l'état du patient est disponible en temps réel, par l'ensemble de l'équipe de soins intensifs. De plus, les alarmes des systèmes de monitoring avertissent l'équipe lorsque des changements critiques dans l'état du patient surviennent. Grâce à ces alarmes et aux écrans partagés des systèmes de monitoring, l'évaluation de l'état du patient est semi-automatisée. Elle requiert donc moins de vigilance et moins de communication. Il y a tout de même certaines informations sur l'état du patient qui ne

sont pas accessibles par ces systèmes. Une évaluation plus approfondie est alors nécessaire, et l'information ainsi obtenue doit être communiquée au reste de l'équipe. C'est le cas par exemple de la dilatation des pupilles, de l'auscultation endotrachéale, et de l'évaluation de l'environnement, par exemple, combien de millilitres de sérum ont coulé dans la dernière heure. Toutefois, ces évaluations, souvent effectuées par un seul membre de l'équipe, ne seront pas nécessairement faites à voix haute, surtout si aucun changement n'est observé. Comme l'équipe subit déjà une surcharge d'informations, une forte charge de travail et une pression temporelle élevée, l'absence de changements sera souvent considérée comme une information inutile et superflue qui ne ferait qu'augmenter la surcharge d'informations sans mener à une compréhension plus approfondie de la situation.

La faible proportion de communications accordée à l'ajustement peut aussi s'expliquer par la rapidité avec laquelle ces derniers s'effectuent. Comme c'est le cas pour l'évaluation, seulement un ou deux comportements d'ajustement sont habituellement nécessaires, et sont souvent suivis de plusieurs comportements de collaboration. La culture organisationnelle et la nature de la tâche à effectuer peuvent expliquer la faible proportion de communications accordée à l'ajustement. Tel que mentionné plus haut, les équipes de soins intensifs sont très hiérarchiques, et la prise de décision repose essentiellement sur l'intensiviste (St-Pierre et al., 2011). Malgré que le dialogue et le travail d'équipe soient de plus en plus appréciés dans le monde médical, la culture organisationnelle maintient cet aspect hiérarchique des équipes de soins intensifs et module la nature de la prise de décision, qui devient un processus individuel plutôt que d'équipe. Comme l'intensiviste prend les décisions par lui-même, les fonctions de régulation largement composées de prise de décision (préparation et ajustement) sont difficilement observables par le biais de la communication. L'environnement clinique joue également un rôle ici; la pression temporelle importante en situation d'urgence laisse peu de place à la discussion. Comme les décisions doivent être prises et exécutées le plus rapidement possible, les médecins n'ont pas nécessairement le temps de consulter le reste de l'équipe. Cet aspect hiérarchisé des équipes de soins intensifs peut également expliquer en partie la relation observée entre la performance et la fréquence des communications de collaboration, ainsi que

l'absence de relation avec les trois autres fonctions. Comme la prise de décision est centralisée, elle n'est plus vraiment un processus d'équipe, mais plutôt un processus individuel. L'équipe aura donc peu recours aux fonctions de régulation pour lesquelles la prise de décision partagée est importante, soient la préparation et l'ajustement. L'impact de ces fonctions sur la performance sera donc limité.

Les résultats obtenus ici doivent tout de même être considérés avec prudence. Le faible nombre de participants limite la puissance statistique des analyses effectuées. De plus, le recours à un plan non expérimental ne permet pas d'établir de liens causaux entre la performance et les fonctions de régulation. De plus, la nature des observations pose également certaines limites. Les fonctions de régulation n'ont été observées qu'à partir de l'analyse du contenu des communications. Or, le modèle des fonctions de régulation de Rousseau et al. (2006) est basé sur la théorie de l'action, elle-même basée sur l'observation de comportements (Frese & Zapf, 1994; Hacker, 1986). Une partie du travail des équipes de soins intensifs n'a donc pas été incluse dans nos observations (par exemple, lorsque deux infirmiers collaborent en silence). Toutefois, l'analyse des comportements, dans un contexte comme les soins intensifs, est ardue. Six intervenants agissent en même temps. La scène semble souvent chaotique, et il est très difficile de bien voir les comportements et les actions de chacun des membres de l'équipe, en tout temps. De plus, certaines actions clés, comme regarder le moniteur par exemple, sont si subtiles, qu'il serait très difficile, voire impossible, de bien les mesurer par le biais d'enregistrement vidéo. C'est pour cette raison que seules les communications ont été analysées ici.

La mesure de performance pose le problème inverse. Afin de rendre l'analyse la plus objective possible, et la plus similaire à la mesure de Tschan et al. (2004), seules les actions de l'équipe reliées à la réanimation et l'image du moniteur cardiaque ont été utilisées. De façon générale, les images sont amplement suffisantes pour permettre une bonne évaluation de la performance. Toutefois, dans certains cas, des subtilités peuvent avoir influencé le choix de l'équipe d'avoir recours ou non au massage cardiaque ou à la défibrillation. Dans de telles situations, l'analyse audio aurait pu permettre de mieux comprendre le choix de l'équipe et de modifier l'index de performance. Par exemple, le

code «massage cardiaque requis» était donné dans toutes situations où le tracé cardiaque indiquait une ligne plane, ou encore que la pression artérielle moyenne était inférieure à 40. Par contre, il est possible que dans certains cas, l'équipe n'ait pas effectué de massage puisque les données du moniteur étaient erronées. L'équipe aurait ainsi pu vérifier le pouls du patient, constater une fréquence cardiaque adéquate malgré l'absence de complexe QRS sur le moniteur, et décider que le massage cardiaque n'était pas nécessaire. Dans une telle situation, la décision de l'équipe aurait été bonne, mais cette bonne décision ne se refléterait pas dans l'indice de performance. L'introduction des bandes audio dans l'analyse de la performance aurait pu permettre de mieux juger de la performance dans certains contextes, mais elle aurait aussi nécessité une évaluation subjective de la part des codeurs. Or, le principal avantage de cette mesure est son aspect objectif. Comme ces situations sont rares, elles ont peu d'influence sur la mesure générale de la performance, et le recours à l'analyse audio n'aurait pas amené une précision supplémentaire suffisante pour justifier la perte d'objectivité de la mesure.

Le scénario développé pour cette étude n'est que partiellement scénarisé. La majeure partie des événements se produisant au cours de la simulation sont tributaires des choix et des actions de l'équipe. Cette flexibilité du scénario offre un niveau de réalisme très élevé. Par contre, elle mène également à l'absence d'évènement déclencheur commun à toutes les équipes. Il est donc impossible ici de diviser le scénario en segments représentatifs, qui seraient communs à toutes les équipes et qui permettraient d'évaluer l'impact d'un changement soudain de la charge de travail sur l'utilisation des fonctions de régulation (Wickens & Huey, 1993). Il serait intéressant d'insérer des éléments déclencheurs dans le synopsis, qui apparaissent à un moment fixe pour toutes les équipes. Il est en effet possible d'insérer de tels événements qui seraient à la fois indépendants des décisions et actions de l'équipe et pertinents et réalistes. Par exemple, un blocage du tube endotrachéal par un bouchon muqueux pourrait se produire à un moment fixe du scénario, obligeant l'équipe à extraire le tube endotrachéal en place et le remplacer par un nouveau, tout en gérant la situation déjà en cours. Un tel blocage est tout à fait réaliste, peu importe les actions précédentes de l'équipe de soins intensifs.

La présente étude offre un premier regard sur la validité empirique du modèle des fonctions de régulation de Rousseau et al. (2006). Bien que de plus amples investigations soient nécessaires à ce stade, les observations effectuées ici permettent entre autres de mieux comprendre les précurseurs de la performance des équipes de réanimation en soins intensifs. Ces observations peuvent avoir un impact intéressant sur la sélection et la formation du personnel en soins intensifs par le biais de la simulation haute fidélité. Bien que l'utilisation de simulations haute fidélité et de «jeux sérieux» pour la formation soit de plus en plus répandue (Chen & Gamasutra, 2005 ; Raybourn & Bos, 2005), leur efficacité est limitée par la validité de la théorie sous-jacente au programme d'entraînement (Gee, 2009). Plusieurs programmes de formation et d'entraînement en soins de santé existent, mais la plupart se concentrent sur les interventions chirurgicales au bloc opératoire (ex.: le système ACRM, Gaba, Howard, Fish, Smith, & Sowb, 2001; le système TOMS, Helmreich & Schaefer, 1994; voir Musson, 2008 pour une discussion). Un système de formation à la fois social, cognitif et technique en soins intensifs permettrait aux intervenants de développer des connaissances et des aptitudes essentielles à la performance des équipes, et permettrait de diminuer le nombre d'erreurs aux soins intensifs. Les scénarios utilisés pour cette étude offrent une excellente base pour le développement d'un système d'entraînement et de formation en soins intensifs en raison du réalisme des scénarios et de l'environnement. De plus, les observations préliminaires obtenues dans cette étude offrent un point de départ pour le développement des aspects cognitifs et sociaux reliés au travail d'équipe qui sont nécessaires à un tel programme. Une étude plus approfondie de la relation entre les fonctions de régulation et l'efficacité des équipes de travail, ainsi qu'une analyse de tâche pointue sont toutefois essentielles au développement d'un programme complet de formation en soins intensifs.

### **Conclusion**

Le travail d'équipe aux soins intensifs est primordial. Cependant, de nombreuses études ont démontré qu'un travail d'équipe déficient est un facteur important d'erreurs médicales. L'importance de la recherche sur le travail d'équipe en soins intensifs n'est plus à démontrer. Toutefois, l'étude du travail d'équipe en soins intensifs doit avoir lieu

dans un environnement contrôlé qui permet l'établissement de liens de causalité, mais qui offre également un haut niveau de dynamisme et de réalisme. Le recours à une simulation haute fidélité permet d'atteindre ces deux objectifs simultanément. L'utilisation de mesures objectives, fidèles et valides fournit une image précise des déterminants de la performance des équipes de soins intensifs.

La pression temporelle, les interruptions fréquentes et l'incertitude compliquent le travail des équipes médicales. Il est donc nécessaire de déterminer comment ces équipes fonctionnent dans un tel contexte afin de les aider efficacement à réduire le taux d'erreurs médicales. L'utilisation d'une simulation haute fidélité a permis d'observer les fonctions de régulation utilisées par les équipes dans une situation réaliste, et ainsi de mieux comprendre les fonctions les plus pertinentes pour une performance optimale. Toutefois, d'autres études sont nécessaires pour permettre de valider la pertinence du modèle des fonctions de régulation en soins intensifs. Notamment, la poursuite de la présente étude permettrait d'obtenir suffisamment d'observations pour effectuer des analyses plus puissantes. Par exemple, des analyses séquentielles permettraient de valider l'aspect dynamique séquentiel du modèle de Rousseau et al. (2006). De plus, une observation des fonctions de régulation qui inclut l'observation des comportements, en plus de l'analyse du contenu des communications, offrirait une meilleure image des fonctions utilisées et de leur séquence. Par exemple, en utilisant le suivi du mouvement oculaire, il serait possible de mieux évaluer le recours à la fonction d'évaluation, et même de la fonction de collaboration lorsque deux coéquipiers collaborent en silence.



**CHAPITRE V**  
DISCUSSION GÉNÉRALE



## **Rappel des principaux résultats**

L'objectif de la thèse est de valider empiriquement le modèle des fonctions de régulation de la performance des équipes de travail de Rousseau et al. (2006). Précisément, la thèse cherche à (1) déterminer la contribution relative de chaque fonction de régulation pour deux tâches différentes, (2) vérifier la nature séquentielle des fonctions de régulation et (3) vérifier l'impact de la structure d'équipe sur le modèle des fonctions de régulation.

La contribution relative de chaque fonction de régulation à la performance des équipes de gestion de crise est évaluée dans les deux études, soit en sécurité civile et en soins intensifs. Elle est mesurée par la fréquence de communications associée à chacune des quatre fonctions de régulation. Les résultats obtenus montrent que les fonctions de régulation ne sont pas toutes reliées à la performance des équipes de gestion de crise, tant en sécurité civile qu'en soins intensifs. Les résultats montrent une corrélation négative entre la performance des équipes de gestion de crise et la fréquence des communications associées à la fonction de collaboration. Les trois autres fonctions de régulation - préparation, évaluation et ajustement - ne semblent pas reliées à la performance. La relation négative entre la fréquence des communications associées à la fonction de collaboration et la performance des équipes de gestion de crise vient appuyer d'autres études antérieures qui ont démontré les avantages de la coordination implicite sur la coordination explicite en situation complexe et imprévisible impliquant une forte pression temporelle et une importante charge de travail (Dubé et al., 2010; Entin & Serfaty, 2010; McMillan et al., 2004; Price et al., 2001). Les fréquences de communications observées pour chaque fonction de régulation ont été comparées entre elles, pour les deux études. Pour l'étude 1, en sécurité civile, les résultats montrent une différence significative entre chacune des fonctions de régulation. Ces résultats confirment l'hypothèse 2, selon laquelle les équipes de gestion de crise en sécurité civile devraient présenter une plus grande proportion de la fonction de collaboration que les autres fonctions, suivie par la fonction d'évaluation, d'ajustement, puis de préparation. Il en va autrement de l'hypothèse 3, testée dans l'étude 2 sur les soins

intensifs, selon laquelle les équipes auraient dû présenter une proportion de collaboration et d'évaluation légèrement plus grande que la fonction d'ajustement, et très peu de préparation. Les résultats ont montré une prédominance marquée de la fonction de collaboration, et beaucoup moins d'évaluation. Les fonctions d'ajustement et de préparation sont toutefois quasi absentes, tel que prévu dans l'hypothèse 3.

L'impact de la structure d'équipe sur la contribution relative des fonctions de régulation a été évalué dans l'étude 1 en sécurité civile, où deux structures d'équipe (fonctionnelle et multifonctionnelle) ont été comparées. L'hypothèse selon laquelle les équipes multifonctionnelles présenteraient moins de communications liées à la collaboration et à l'ajustement que les équipes fonctionnelles est partiellement confirmée. Les résultats obtenus montrent que les équipes multifonctionnelles utilisent significativement moins la fonction de collaboration que les équipes fonctionnelles. Toutefois, il n'y a pas de différence significative entre les structures pour ce qui est des communications liées à la fonction d'ajustement.

L'évaluation de la contribution relative de chaque fonction de régulation ne permet pas de se prononcer sur leur séquentialité. L'analyse séquentielle des fonctions de régulation de C<sup>3</sup>Fire a toutefois permis d'extraire la séquence des fonctions de régulation utilisée par chaque équipe et de la mettre en relation avec la séquence prédite par le modèle – préparation, collaboration, évaluation, (ajustement/collaboration). La proportion élevée (77%) des combinaisons de fonctions de régulation suivant une sous-séquence correspondant au modèle, ainsi que les fréquences de transition entre les fonctions de régulation montrent que les équipes ont tendance à suivre la séquence préparation, collaboration, évaluation, (ajustement/collaboration) proposée par le modèle. Par contre, aucune relation n'a été observée entre cette séquence et la performance des équipes. Ceci contredit l'hypothèse 1, qui prédisait que le recours à la séquence préparation, collaboration, évaluation, (ajustement/collaboration) mènerait à une performance optimale. Bien que la séquence des fonctions de régulation n'ait pu être extraite pour l'étude 2 en soins intensifs, dû à un nombre d'observations insuffisant, l'analyse des probabilités de transition indique qu'ici aussi, les équipes tendent à utiliser les fonctions de régulation en suivant la séquence proposée par le

modèle de Rousseau et al. (2006). Toutefois, le faible nombre d'observation ne permet pas d'établir de relation entre les probabilités de transition et la performance des équipes de soins intensifs.

### **Contributions théoriques**

Le modèle de Rousseau et al. (2006), se distingue à la fois par l'intégration de fonctions non redondantes et par son aspect dynamique. Le modèle intègre 12 processus influençant la performance des équipes et les regroupe en quatre fonctions de régulation. Selon ce modèle, ces quatre fonctions sont reliées à la performance des équipes. De plus, l'utilisation des fonctions selon la séquence préparation, collaboration, évaluation, (ajustement/collaboration) conduit à une performance optimale. Les résultats de la présente thèse confirment en partie ce modèle de régulation de la performance des équipes puisqu'ils démontrent une corrélation entre certaines des fonctions et la performance des équipes. La séquentialité des fonctions de régulation n'a toutefois pas pu être reliée à la performance des équipes.

#### ***Contribution relative de chaque fonction***

En considérant les résultats de la thèse, il semble clair que la contribution relative de chacune des fonctions de régulation à la performance des équipes varie selon la nature et l'étendue de la tâche à accomplir (Rousseau et al., 2006). Les résultats de la thèse montrent que la fonction de collaboration est prédominante en gestion de crise. Toutefois, l'importance de cette fonction en termes de proportion des communications qui lui sont consacrées varie légèrement selon la tâche et la structure d'équipe.

#### ***Contribution relative des fonctions de régulation en sécurité civile***

Les résultats de la thèse confirment l'hypothèse selon laquelle les équipes de gestion de crise en sécurité civile présentent une plus grande proportion de collaboration que les autres fonctions. Tel que prédit, la fonction d'évaluation occupe le deuxième rang en terme d'importance relative, suivie de la fonction d'ajustement. La fonction de préparation est quasi absente. La tâche à accomplir dans C<sup>3</sup>Fire requiert un haut niveau de coordination et la distribution des ressources entre les membres de

l'équipe nécessite un partage d'information crucial, ce qui explique la prépondérance des communications associées à la fonction de collaboration. La forte prédominance de la fonction de collaboration peut également être due à la faible étendue de la tâche dans C<sup>3</sup>Fire (Rothrock, Harvey, & Burns, 2005; Rousseau et al., 2006). L'étendue de la tâche réfère au nombre de sous-tâches en lequel une tâche générale peut-être divisée (Rousseau et al., 2006). En effet, la tâche à exécuter dans C<sup>3</sup>Fire ne peut être divisée qu'en un nombre restreint de sous-tâches. Selon Rousseau et al. (2006), un nombre restreint de sous-tâches limite le recours aux processus d'équipe, et par le fait même, le recours à certaines fonctions de régulation (Rousseau et al., 2006). Les sous-tâches à accomplir sont de nature tactique, nécessitant beaucoup de coordination, d'où la forte présence de la fonction de collaboration.

De plus, la vitesse à laquelle évolue la situation demande de la vigilance de la part des participants afin que l'équipe soit en mesure de répondre rapidement à tout changement de l'environnement, d'où l'importance de la fonction d'évaluation. En effet, l'environnement de gestion de crise est complexe et imprévisible, ce qui nécessite une surveillance constante. Une vigilance accrue permet donc à l'équipe de synchroniser ses actions avec l'environnement externe et interne. Par contre, bien que la fonction d'évaluation occupe, tel que prédit, la deuxième place en terme d'importance relative, sa fréquence observée est relativement faible. Il est possible qu'en raison de la charge de travail très élevée, les équipes réduisent au minimum la charge de travail associée au travail d'équipe. Ainsi, en «individualisant» le plus possible la tâche, l'équipe diminue les communications entre ses membres et limite au minimum les besoins en coordination. La nature de la simulation dans C<sup>3</sup>Fire facilite l'individualisation de l'évaluation puisque tous les membres de l'équipe ont accès en tout temps à toute l'information disponible concernant l'environnement actuel. En effet, le feu est constamment visible par tous les participants. Comme tous les membres de l'équipe ont accès aux mêmes informations environnementales, le partage d'informations concernant l'évolution du feu peu sembler superflu. Aussi, la conscience partagée de la situation semble plus accessible, et les membres de l'équipe peuvent être tentés de croire que leurs coéquipiers partagent la même vision qu'eux, et donc limiter leur communication concernant la fonction d'évaluation.

Finalement, la faible occurrence des fonctions de préparation et d'ajustement peut elle aussi être associée à la nature des scénarios de C<sup>3</sup>Fire utilisés dans cette étude. Tel que mentionné plus haut, les scénarios présentent un rythme très rapide, laissant peu de temps à l'équipe pour organiser et réorganiser leur travail. En outre, les communications qui ont eu lieu entre les scénarios n'ont pas été enregistrées et donc, ne sont pas incluses dans cette analyse. Il est donc possible que les équipes aient utilisé le temps mort entre les scénarios pour développer une stratégie et planifier leurs actions. Si tel est le cas, les équipes étaient prêtes à entamer l'exécution de la tâche dès le début du scénario, sans aucun signe apparent de préparation dans les enregistrements. Une fois la tâche débutée, le rythme rapide des scénarios n'a laissé que très peu de temps à l'équipe pour réviser leur stratégie lorsque nécessaire. De plus, les scénarios ne contenaient que deux changements dans l'environnement externe de l'équipe. Ainsi, les équipes qui avaient une bonne stratégie de départ n'avaient que peu d'ajustement à effectuer afin de bien performer. De plus, aucune équipe n'est parvenue à éteindre un des feux. Aucune équipe n'a donc atteint un «sous-but», qui aurait pu engendrer de la préparation en vue d'atteindre le prochain «sous-but».

#### *Contribution relative des fonctions de régulation en soins intensifs*

Il était attendu que les équipes de soins intensifs aient recours principalement aux fonctions de collaboration et d'évaluation, suivies par la fonction d'ajustement. Les résultats observés dans la thèse ne confirment qu'en partie cette hypothèse. Les résultats montrent que la fonction de collaboration est largement plus présente que les trois autres fonctions de régulation, à savoir l'évaluation, l'ajustement et la préparation. La fonction d'évaluation occupe le deuxième rang en termes d'importance. Les fonctions d'ajustement et de préparation sont quasi absentes. La prédominance de la fonction de collaboration n'était pas attendue. En effet, les tâches aux soins intensifs se basent en général sur un protocole préétabli qui réduit le besoin de communiquer pour coordonner les actions. Par contre, en situation d'urgence, les équipes de soins intensifs sont amenées à effectuer de nombreuses tâches en peu de temps, et souvent simultanément. L'équipe semble se diviser en sous-équipes, qui elles doivent se coordonner et partager une certaine quantité d'information qui n'est pas accessible à toute l'équipe. Par exemple, il n'est pas rare de voir le médecin résident travailler avec

l'inhalothérapeute à la tête du patient pendant qu'un infirmier et le préposé aux bénéficiaires installent une voie et que l'intensiviste et le deuxième infirmier donnent de la médication. Toutes ces tâches effectuées en parallèle ont leur propre protocole qui facilite leur exécution, mais elles doivent être coordonnées entre elles par les sous-équipes. De plus, même lorsque les équipes utilisent des protocoles pour effectuer les tâches, les coéquipiers ont quand même recours à un certain nombre de communications. Ceci explique en partie la prépondérance de la fonction de collaboration chez les équipes de soins intensifs.

La fonction d'évaluation observée est beaucoup moins importante que ce qui était attendu. Ceci peut s'expliquer en partie parce que l'évaluation du patient et de l'environnement se fait souvent très rapidement, avec un seul comportement d'évaluation, qui est ensuite suivi de collaboration ou d'ajustement. En effet, l'évaluation du patient est souvent faite par un seul intervenant, qui transmet ensuite au reste de l'équipe les résultats de son observation. Donc, bien que l'évaluation peut demander une série de comportements variés, elle n'implique souvent qu'une seule communication. Or, seules les communications sont analysées ici, ce qui peut restreindre la fréquence observée de la fonction d'évaluation. De plus, la présence d'appareils de monitoring sophistiqués dotés d'écran partagé et d'alarmes visuelles et sonores facilite l'évaluation du patient. Une évaluation relativement détaillée peut alors être faite en un coup d'oeil. Elle requiert donc moins de vigilance et moins de communications que ce qui était attendu. Comme pour l'étude précédente, la présence d'écrans partagés fournissant l'information en continue à tous les membres de l'équipe peut avoir poussé ces derniers à internaliser la fonction d'évaluation dans le but de réduire la charge de travail associée au travail d'équipe.

Finalement, les fonctions d'ajustement et de préparation sont très peu présentes chez les équipes de soins intensifs. Comme les équipes de soins intensifs sont très hiérarchisées (Baker et al., 2006; Hunt et al., 2007; Maxson et al., 2011), la prise de décision est presque exclusivement réservée à l'intensiviste et au médecin résident (Baker et al., 2006). Ainsi, la prise de décision n'est pas partagée, et devient un processus plutôt individuel. L'intensiviste prend sa décision seul et ne fait que la

transmettre au reste de l'équipe. Tel que mentionné précédemment, les fonctions de préparation et d'ajustement incluent le processus de prise de décision partagée. Comme la prise de décision n'est pas tellement partagée ici, ces fonctions ne seront que très peu utilisées.

### *Impact de la structure d'équipe*

Les résultats obtenus dans le Chapitre III montrent que la structure d'équipe a un impact sur la fréquence des fonctions de régulation observée, ainsi que sur leur contribution relative à la performance des équipes. Ces résultats sont en lien avec la théorie de Rousseau et al. (2006) selon laquelle le degré d'interdépendance entre les tâches affecte le travail d'équipe et les fonctions de régulation. Les deux structures comparées au Chapitre III présentent en effet une importante différence en termes d'interdépendance entre les tâches de l'équipe. Dans la structure fonctionnelle, les ressources sont distribuées entre les membres de l'équipe de façon à ce que chaque participant ne possède qu'un type de ressource (le participant X possède les six camions-citerne, tandis que les participants Y et Z se partagent les six pompiers). Le niveau d'interdépendance entre les tâches est donc très élevé. Dans la structure multifonctionnelle, chaque membre de l'équipe possède toutes les ressources nécessaires pour accomplir la tâche (les participants X, Y et Z possèdent deux pompiers et deux camions-citerne chacun). Ici, le niveau d'interdépendance entre les tâches est très bas. Les résultats de la thèse montrent que les équipes où le niveau d'interdépendance est bas (structure multifonctionnelle) ont moins recours à la fonction de collaboration que lorsque le niveau d'interdépendance est élevé. Les trois autres fonctions de régulation, préparation, évaluation et ajustement, ne sont pas affectées par le niveau d'interdépendance.

La différence en termes de collaboration en fonction du niveau d'interdépendance des tâches s'explique par le type de coordination engendré par ce dernier. Lorsque le niveau d'interdépendance entre les tâches est élevé (structure fonctionnelle), les ressources sont coordonnées de façon interpersonnelle (Stammers & Hallam, 1985). La coordination interpersonnelle requiert beaucoup de communications entre les membres de l'équipe afin que les ressources soient distribuées le plus

efficacement possible. Dans un tel contexte, il est donc normal d'observer une fréquence très élevée de communications associées à la fonction de collaboration. À l'opposé, lorsque le niveau d'interdépendance est faible (structure multifonctionnelle), la coordination des ressources est plutôt intrapersonnelle. Chaque membre de l'équipe devra coordonner lui-même les ressources nécessaires pour accomplir la tâche (Lafond et al., 2011; Stammers & Hallam, 1985). Aucune communication n'est alors nécessaire, d'où le nombre réduit de communications portant sur la fonction de collaboration. Ceci pourrait d'ailleurs expliquer en partie la meilleure performance des équipes multifonctionnelles comparativement aux équipes fonctionnelles (Dubé et al., 2010; Lafond et al., 2011) observée au Chapitre III. En effet, la performance au sein des équipes fonctionnelles est tributaire de la capacité de chaque membre de l'équipe à détecter les besoins de ses coéquipiers et à adapter ses comportements (Ramenzoni, Davis, Riley, Shockley et Baker, 2011) de façon à ce que les ressources soient le mieux distribuées possible. Comme la coordination interpersonnelle demande plus de ressources cognitives, de temps et de communications, elle entraîne une réduction de la performance, surtout en situation de crise, où le temps est compté. Il est important de souligner que la fréquence de communications associées à la fonction de régulation est tout de même très élevée au sein de la structure multifonctionnelle. Ceci est dû au fait que l'avantage associé à la coordination intrapersonnelle n'affecte que le partage des ressources. Les membres de l'équipe doivent tout de même coordonner certaines de leurs actions de façon interpersonnelle, comme la division spatiale du travail par exemple.

#### *Absence de la fonction de préparation dans les deux études*

Les tâches simulées dans les deux études de la thèse se situent en phase d'activation de plan (Rasmussen, Pejtersen, & Goodstein, 1994). Pour les deux simulations, les plans sont pré-existants. Ils se présentent sous la forme de lignes de traitement en soins intensifs (ex.: ACLS), et de plans d'intervention en sécurité civile (ex.: Firescope). De plus, les deux simulations sont basées sur des tâches d'intervention directe, en temps réel (Rasmussen, Pejtersen, & Schmidt, 1990). Ainsi, l'objectif de l'équipe est simple : répondre le plus efficacement possible à l'environnement. En effet, la nature changeante et imprévisible des situations de crise limite la possibilité de

planification détaillée et à long terme, d'où l'importance de plan d'actions pré-établis pour répondre à divers événements. Dans de telles circonstances, le travail de l'équipe se résume souvent à répondre aux changements de l'environnement, ou à maintenir le plan actuel, toujours en fonction de l'environnement. La préparation se limite donc à choisir le bon plan d'intervention, ou la bonne ligne de traitement. Finalement, le rythme rapide des scénarios peut avoir obligé les équipes à agir en mode «réactif» plutôt que «proactif». Comme la situation évolue très rapidement, les équipes peuvent ne pas avoir été en mesure d'être en avance sur la situation. Ils ne peuvent dès lors que réagir aux changements de l'environnement et aller aux «urgences les plus urgentes».

#### *Impact de la fonction de collaboration sur la performance*

À la lumière des résultats obtenus dans les deux études de la thèse, il semble que la fonction de collaboration soit critique pour la performance des équipes de gestion de crise. La corrélation négative observée entre la performance des équipes et la fréquence de la fonction de collaboration s'explique entre autres par le mode de collaboration prédominant au sein de l'équipe. Les équipes présentant une fréquence élevée de communications associées à la fonction de collaboration auraient surtout recours à de la coordination explicite, alors que les équipes utilisant peu la fonction de collaboration emploieraient surtout de la coordination implicite. Selon la théorie de la coordination (Van De Ven & Delbecq, 1976), l'efficacité des deux modes de collaboration varie selon l'environnement et la nature de la tâche (Fiore et al., 2001).

Certes, l'environnement et la tâche à accomplir en gestion de crise diffèrent d'un domaine à un autre. Il existe donc des différences marquées entre le travail d'une équipe de gestion de crise en sécurité civile, ici de niveau opérationnel, et le travail très tactique des équipes de soins intensifs. Néanmoins, toutes les équipes de gestion de crise évoluent dans un environnement complexe, non linéaire et incertain, où la pression temporelle est élevée et où une surcharge d'informations incomplètes et contradictoires submerge l'équipe (Boin & Hart, 2007; Ilachinski, 1996) et engendre une importante charge de travail. Dans de telles circonstances, la coordination implicite peut être préférable, et mener à une meilleure performance (Entin & Serfaty, 2010). La coordination implicite correspond à la synchronisation des actions des membres de

l'équipe fondées sur des hypothèses tacites concernant les actions et besoins à venir des autres membres de l'équipe, par le biais de la cognition d'équipe et sans avoir recours à une communication ouverte (Rico et al., 2008; Espinosa et al., 2004; Fiore et al., 2001; MacMillan et al., 2004; Wittenbaum & Stasser, 1996). À l'inverse, la coordination explicite correspond aux mécanismes conscients de gestion de l'interdépendance entre les tâches par le biais de la communication ouverte (Rico et al., 2008; Espinosa et al., 2002). Plusieurs études ont démontré déjà l'efficacité de la coordination implicite dans des situations similaires à la gestion de crise (Balbutie & Hallam, 1985; Dubé et al., 2010; Entin & Serfaty, 1999; Entin & Serfaty, 2010; Stout et al., 1999). Comme la coordination implicite opère par le biais de mécanismes automatiques (Norman & Shallice, 1986), elle réduit le besoin de communiquer, ce qui s'avère particulièrement utile lorsque la charge de travail est très élevée. En effet, la communication au sein de l'équipe demande du temps et engendre un coût en terme de ressources cognitives et, dans certains cas, en terme de vitesse de réponse (Brennan, Chen, Dickinson, Neider, & Zelinski, 2008; MacMillan et al., 2004; Serfaty, Entin, Volpe, 1993; Toups, Kerne, Hamilton, Shahzad, 2011; Tremblay, Vachon, Lafond, & Kramer, 2012). Éventuellement, trop de communications peut nuire à la performance (Dubé et al., 2010; MacMillan et al., 2004; Patrashkova-Volzdoska, McComb, Green, & Compton, 2003). Il n'est donc pas rare de voir les équipes performantes réduire leur flot de communications lorsque la charge de travail est élevée (Cannon-Bowers et al., 1998; Entin & Serfaty, 2010; Volpe et al., 1996). En outre, les ressources cognitives, physiques et temporelles qui auraient été nécessaires à la coordination explicite peuvent être entièrement redirigées vers la tâche (Entin & Serfaty, 2010), ou vers d'autres processus qui ne peuvent être automatisés. Cette redistribution des ressources diminue la charge de travail cognitive et favorise une meilleure performance (Entin & Serfaty, 2010).

La coordination implicite est basée sur des processus mentaux communs aux membres de l'équipe, soit les modèles mentaux partagés, la mémoire transactionnelle et la conscience partagée de la situation (Cannon-Bowers & Salas, 1990; Entin & Serfaty, 2010; Espinosa et al., 2004; Lewis, 2003; Orasanu, 1990). C'est grâce aux modèles mentaux partagés qu'un membre de l'équipe peut prédire les actions et les besoins de

ses coéquipiers afin d'ajuster ses propres actions et de s'assurer d'atteindre les objectifs de l'équipe en l'absence de communication explicite (DeChurch & Mesmer-Magnus, 2010; Entin & Serfaty, 2010; Fisher, Bell, Dierdorff, & Belohlav, 2012; Marks, Sabella, Burke, & Zaccaro, 2002; Mathieu, Heffner, Goodwin, Salas, & Cannon-Bowers, 2000). C'est en effet le partage d'un modèle mental commun qui permet l'anticipation des besoins (Entin & Serfaty, 2010), essentielle à la coordination implicite, en permettant à tous les membres de l'équipe d'interpréter l'information pertinente et d'analyser la situation de façon similaire (Fisher et al., 2012; Mohammed, Ferzandi, & Hamilton, 2010; Rouse, Cannon-Bowers, & Salas, 1992). Toutefois, les processus mentaux communs se construisent au fil du temps, par le biais de l'expérience commune et de la communication entre les membres de l'équipe durant les périodes plus calmes (Cannon-Bowers et al., 1993; Entin & Serfaty, 2010; Espinosa et al., 2004; Klimoski & Mohammed 1994; Levesque, Wilson, & Wholey, 2001; Oranasu, 1990). Or, les équipes de gestion de crise sont des équipes multidisciplinaires ad hoc. Les membres de l'équipe ne partagent peu ou pas d'expérience commune. Ils n'ont donc pas eu l'occasion de développer de modèle mental partagé, nécessaire à la coordination implicite, avant de commencer à travailler ensemble. Il est donc étonnant qu'en un court laps de temps, les équipes étudiées dans cette thèse aient pu avoir recours à la coordination implicite de manière efficace.

En fait, les résultats de la thèse montrent que, bien que les équipes qui performant mieux présentent moins de communications associées à la fonction de collaboration, la fréquence de cette dernière demeure très élevée. Ainsi, il semble que toutes les équipes utilisent la coordination explicite tout au long de la simulation, mais que les équipes qui performant le mieux sont celles qui parviennent à développer un modèle mental partagé suffisamment rapidement pour leur permettre de coordonner implicitement certaines de leurs actions. De plus, certaines caractéristiques propres à chacune des simulations de la thèse ont pu faciliter le développement de modèles mentaux partagés et éventuellement supporter la coordination implicite au sein de l'équipe. Tout d'abord, les équipes de soins intensifs possèdent en général une certaine expérience commune. Les équipes de soins intensifs sont considérées ad hoc dans la littérature parce que la composition des membres pour un quart de travail donné n'est

pas stable dans le temps, en raison des horaires variés des professionnels de la santé. Donc, l'équipe de soins intensifs ne sera pas toujours composée des mêmes six intervenants. Par contre, chaque département est composé d'un bassin d'intervenants, qui lui, est relativement stable (par exemple, l'équipe d'infirmiers de soins intensifs d'un hôpital compte 25 membres, qui se répartissent les quarts de travail). Donc les membres de l'équipe ont souvent travaillé les uns avec les autres précédemment, mais pas nécessairement les six intervenants (intensiviste, médecin résident, infirmiers, inhalothérapeute et préposé aux bénéficiaires) en même temps. L'équipe de soins intensifs possède donc un certain modèle mental partagé, qui n'est peut-être pas parfait, mais qui offre une bonne base à la coordination implicite. De plus, la «protocolarisation» des tâches en soins intensifs favorise la coordination implicite puisque chaque tâche est composée d'une série d'actions dont l'ordre est prédéfini. Les protocoles permettent aux intervenants d'anticiper les besoins et réponses de leurs coéquipiers. Les membres de l'équipe coordonnent alors leurs actions de façon implicite puisqu'ils connaissent d'avance la distribution et l'enchaînement des tâches (Baker et al., 2006; Brenan et al., 2008; Maxson et al., 2011). Les coéquipiers sont dès lors en mesure d'exécuter les tâches plus rapidement (Lim & Klein, 2006; Mathieu et al., 2000) et de mieux performer.

Les paramètres de la simulation de gestion de crise avec C<sup>3</sup>Fire ont également facilité la coordination implicite. En effet, l'information offerte par la simulation concernant l'environnement est la même pour tous les participants puisque le feu est visible par tous, en tout temps. Ceci facilite le développement d'une compréhension commune de l'environnement et stimule la coordination implicite entre les membres de l'équipe. De plus, les participants ont reçu une formation croisée au début de l'expérience, où chaque participant a été familiarisé avec l'utilisation de toutes les unités disponibles (pompiers et camions-citernes), pas seulement celles qu'il serait appelé à utiliser. La formation croisée est une méthode pédagogique qui encourage le développement de connaissances interpersonnelles, ou mémoire transactionnelle (Lewis, 2003), en fournissant aux membres de l'équipe des connaissances et/ou de l'expérience avec les tâches, les fonctions et les responsabilités de leurs coéquipiers (Cannon-Bowers et al., 1998; Salas, Nichols, & Driskell, 2007; Strang, Funke, Knott,

Galster, & Russell, 2012). Il a été démontré par le passé que la formation croisée permet aux équipes de maintenir un bon niveau de performance dans des situations où la charge de travail augmente drastiquement (Canon-Bowers et al., 1998). Il semblerait que la formation croisée permette le développement de stratégies de coordination implicite efficaces, ce qui permettrait de maintenir la performance en situation critique (Strang et al., 2012). Donc, malgré que les membres des équipes C<sup>3</sup>Fire aient, dans certains cas, des rôles différents, ils connaissent les besoins et les exigences de la tâche de leurs coéquipiers et sont plus en mesure de coordonner leurs actions sans avoir recours à la communication.

Bien que les deux simulations utilisées dans cette thèse soient très différentes l'une de l'autre, il est possible de constater l'importance de la fonction de collaboration pour la performance des équipes de gestion de crise. Il est possible que la collaboration soit une fonction clé du travail d'équipe en gestion de crise, tous domaines confondus. Par contre, la méthode d'analyse des fonctions de régulation présente des limites dans les deux contextes, qui ont pu gonfler la fréquence observée de la fonction de collaboration. Comme la collaboration présente une fréquence observée largement supérieure aux autres fonctions de régulation, il est possible qu'elle ait noyé la relation entre la performance des équipes de gestion de crise et les fonctions de préparation, d'évaluation et d'ajustement. De plus amples recherches sont nécessaires pour vérifier l'importance relative des fonctions de régulation dans d'autres domaines de gestion de crise.

### ***Séquentialité du modèle des fonctions de régulation***

Compte tenu des résultats de la thèse, l'aspect séquentiel du modèle des fonctions de régulation n'est que partiellement confirmé. En effet, les équipes ont tendance à utiliser les fonctions de régulation en suivant la séquence prédite par le modèle, c'est-à-dire 1) préparation, 2) collaboration, 3) évaluation, et 4) (ajustement/collaboration). Par contre, aucune relation n'a été observée entre l'utilisation des fonctions suivant cette séquence et la performance des équipes. Il est possible qu'un élément critique soit manquant ici : le synchronisme, qui est d'ailleurs un élément important de la théorie de l'action au niveau individuel (Frese & Zapf,

1994; Norman, 1981). Il est en effet possible que la fonction de régulation la plus appropriée à un moment donné soit tributaire à la fois des actions précédentes de l'équipe (séquentialité) et de l'environnement externe (synchronisme). La fonction d'évaluation aura, par exemple, moins d'impact sur la performance si elle est effectuée dans une période de calme relatif où aucun changement, ni dans l'environnement interne ni dans l'environnement externe, n'est survenu. La notion de synchronisme est d'ailleurs un élément central de l'approche épisodique de Marks et al. (2001), où la tâche à accomplir à un moment donné est catégorisée en phase d'action (période pendant laquelle les équipes agissent directement sur l'accomplissement du but) ou en phase de transition (période où l'équipe s'attarde à l'évaluation ou à la planification des actions en vue d'accomplir un but). Les processus d'équipe menant à une performance optimale ne seront pas les mêmes selon la phase dans laquelle se trouve l'équipe (Crawford & Lepine, 2012). Toutefois, l'approche épisodique de Marks et al. (2001) ne permet pas d'expliquer l'interrelation entre les processus d'équipe à l'intérieur d'une phase donnée, et ne suffit donc pas, à elle seule, à expliquer et prédire la performance des équipes de gestion de crise. Toutefois, l'intégration de ce concept au modèle des fonctions de régulation, ou à tout le moins à son opérationnalisation, permettrait peut-être de mieux comprendre le lien entre la performance des équipes de gestion de crise et le dynamisme du modèle. Aussi, à la notion de synchronisme s'ajoute celle de déclencheur (Frese et Zapf, 1994; Norman, 1981). Un déclencheur est un élément de l'environnement qui déclenche un processus ou une action de la part de l'équipe. C'est donc avec le déclencheur que l'équipe devrait synchroniser l'usage qu'elle fait des fonctions de régulation. Plusieurs modèles de déclenchement de l'action ont été proposés par le passé (voir Norman & Shallice, 1986) qui permettraient de mieux relier l'aspect dynamique du modèle Rousseau et al. (2006) à la performance des équipes. L'intégration de la notion de phases, adaptée aux situations de gestion de crise, et de déclencheurs au sein du modèle des fonctions de régulation de Rousseau et al. (2006) pourrait bonifier le modèle et mieux prédire et expliquer la performance des équipes de gestion de crise. Par exemple, en identifiant des éléments déclencheurs à des moments précis des scénarios, et en divisant les scénarios en sections selon les caractéristiques de

la situation, la relation entre le dynamisme des fonctions de régulation et la performance des équipes serait peut-être plus claire.

Il est aussi possible que l'absence de relation entre la séquence prédite par le modèle des fonctions de régulation et la performance de l'équipe soit due à la pertinence de la fonction choisie à un moment donné. Par exemple, la fonction d'évaluation est normalement suivie de la fonction de collaboration ou d'ajustement. Si, suite à l'évaluation, l'équipe utilise la fonction de collaboration alors que la situation requiert la fonction d'ajustement, il risque d'y avoir un impact négatif sur la performance, malgré que la sous-séquence observée à ce moment corresponde à la séquence proposée par le modèle. Ceci pourrait moduler la relation observée entre la séquence de fonctions de régulation et la performance des équipes. Une analyse plus approfondie des enregistrements vidéo par des experts de C<sup>3</sup>Fire permettrait de contrôler le possible effet de la pertinence de la fonction sur la performance et l'effet de séquence. Par contre, cette analyse serait subjective et sujette à interprétation.

#### *Impact de la structure d'équipe sur la séquence*

Les résultats obtenus ne montrent pas de différence entre les structures quant à l'utilisation de la séquence prédite par le modèle des fonctions de régulation, préparation-collaboration-(ajustement/collaboration). Il semblerait donc que la structure d'équipe n'ait pas d'impact sur l'aspect séquentiel du modèle des fonctions de régulation. Par contre, il est aussi possible que l'absence de différence soit due aux paramètres de la simulation. Il se peut que l'effet supposé de la spécialisation des rôles dans la structure fonctionnelle ait été estompé par le peu de variation dans la nature des tâches spécifiques à chaque rôle. La situation à laquelle les participants ont été soumis présentait une grande complexité, mais les tâches à accomplir étaient plutôt similaires dans leur mode d'exécution. La différence entre les deux structures était donc partiellement atténuée par la similitude des tâches à accomplir. Il serait intéressant d'utiliser une version plus complexe de C<sup>3</sup>Fire dans laquelle les tâches associées à chaque unité présentent plus de différences afin de mieux observer un possible effet de structure sur le modèle de Rousseau et al. (2006).

### ***Validation du modèle des fonctions de régulation***

À lumière des résultats de la thèse, il est possible de confirmer partiellement la validité empirique du modèle des fonctions de régulation de Rousseau et al. (2006) puisque les équipes utilisent les fonctions de régulation selon la séquence théorique et que des liens entre certaines fonctions et la performance ont été observés. Le modèle des fonctions de régulation est donc en soi un outil utile pour l'étude du travail d'équipe puisqu'il permet de comprendre l'interrelation entre les processus d'équipe. De plus, le modèle de Rousseau et al. (2006) présente des avantages majeurs sur les autres modèles existants : il est complet, dynamique et facilement observable. Toutefois, le modèle des fonctions de régulation ne s'attarde qu'au processus menant à une bonne performance. Il ne considère pas les antécédants de l'équipe (ou données, par exemple : connaissances, compétences), ni les caractéristiques de la tâche et de l'environnement. Une combinaison de modèles existant avec le modèle des fonctions de régulation est une avenue intéressante pour la compréhension du fonctionnement des équipes de travail. Le modèle des fonctions de régulation s'intègre bien au sein d'un système IPO. Le principal désavantage du modèle IPO est, tel que mentionné au Chapitre 1, sa linéarité, qui ne permet pas de comprendre l'interaction entre les processus d'équipe. Or, les fonctions de régulation sont étroitement liées aux processus du modèle IPO, soit : 1) planification, 2) coordination et 3) surveillance. L'intégration de la régulation de la performance dans les processus du modèle IPO vient ajouter cet aspect dynamique et cyclique pouvant expliquer les interactions entre les processus d'équipe. La combinaison des deux modèles permet de prendre en compte non seulement les processus d'équipe impliqués, mais aussi les antécédants (données) de l'équipe, ainsi que le produit. Le modèle des phases récurrentes de Marks et al. (2001) s'insère également très bien ici. En effet, le modèle des phases récurrentes est lui-même composé d'une série de IPO (cycles IPO), où le produit d'un IPO sert de données au IPO suivant. Marks et al. (2001) identifient également deux types de phase, selon la nature de la tâche et de l'environnement externe, qui influencent le cycle IPO. Ainsi, le cycle IPO sera plus rapide en phase d'action, et plus lent en phase de transition. L'ajout du modèle de Marks permet de considérer le synchronisme des fonctions de régulation avec l'environnement, tel que mentionné plus haut. Cette combinaison de trois modèles

de la performance des équipes de travail est intéressante, puisqu'elle permet de considérer plusieurs facteurs pouvant influencer la performance. Elle offre une vision holistique du travail d'équipe, et l'intègre avec l'environnement. Il s'agit d'une combinaison théorique, mais qui offre une avenue intéressante pour des recherches futures.

### **Contributions méthodologiques**

L'importance de la recherche sur le travail d'équipe, particulièrement dans des milieux à haut risque comme la gestion de crise, n'est plus à démontrer. Il est important d'effectuer des recherches dans un environnement contrôlé, permettant d'établir des liens de causalité, tout en maintenant un niveau élevé de dynamisme, de fidélité et de réalisme. Bien que l'utilisation de simulations fonctionnelles pour l'étude du travail d'équipe soit de plus en plus répandue (Cooke et al., 2012; Mancuso, Minotra, Giacobe, McNeese, & Tyworh, 2012; McNeese et al., 2005; McNeese, Mancuso, McNeese, Endsley, & Forster, 2013), l'approche utilisée dans cette thèse est novatrice puisqu'elle présente une combinaison originale de méthodes, théories et concepts provenant de divers horizons, tels que les sciences sociales, cognitives et organisationnelles. L'approche méthodologique de la thèse est une approche systématique macrocognitive, basée sur l'utilisation de scénarios présentant une bonne validité psychologique, qui capturent les actions et les interactions de l'équipe en temps réel au sein d'un système cognitif commun (joint cognitive system). L'approche méthodologique de la thèse propose une combinaison d'outils de mesure objectifs, validés, et offrant un bon niveau de fidélité, permettant d'obtenir une image précise des déterminants de la performance des équipes de gestion de crise, quel que soit le domaine. Certaines mesures subjectives et autorapportées ont également été utilisées. La combinaison de ces mesures fournit une vision globale du travail d'équipe qui n'aurait pas pu être atteinte par l'utilisation d'un seul type de mesure.

Un des aspects innovateurs de l'approche utilisée pour cette thèse est la façon dont la cognition d'équipe est mesurée. La cognition d'équipe est considérée ici comme une propriété émergente (Gorman, 2005; Gorman et al., 2006). Elle est donc mesurée au niveau systémique, en considérant l'équipe comme une unité d'analyse à part entière

(Cooke et al., 2000; Gorman et al., 2006; Guastello, Bock, Caldwell, & Bond, 2005; Guastello & Guastello, 1998). En effet, l'analyse des communications telle que celle est utilisée dans cette thèse permet d'observer l'émergence des processus d'équipe dans leur ensemble et en temps réel, puisque les communications servent les mêmes fonctions au niveau de l'équipe que les processus cognitifs au niveau individuel (Kiekel et al., 2001). Les communications ont été analysées ici en terme de contenu latent, c'est-à-dire selon la signification sous-jacente des communications (Graneheim & Lundman, 2004; Krippendorff, 2013). L'analyse du contenu latent permet de mieux comprendre les processus d'équipe en action dans une situation donnée. De plus, l'analyse du contenu des communications a été jumelée à l'analyse séquentielle, afin de mettre en lumière l'interaction entre les processus observés par le biais des communications (Bakeman & Gottman, 1986; Bakeman & Quera, 1992, 1995; Gorman et al., 2011). Les résultats obtenus grâce à cette approche méthodologique globale illustrent toute la complexité et le dynamisme du travail d'équipe sous un angle qui n'aurait pas pu être observé autrement.

L'utilisation d'une méthodologie unique standardisée, commune aux deux études, est un autre aspect novateur de cette thèse. En effet, la même méthode générale a été utilisée pour les deux études présentées ici, en utilisant des simulations fonctionnelles propres aux domaines étudiés. Bien que le calcul de l'index de performance est différent pour les deux simulations, la nature de la mesure demeure la même; la performance des équipes est traitée sous l'aspect du process gain dans les deux cas. Différentes théories du travail d'équipe peuvent désormais être évaluées sous plusieurs domaines de travail en utilisant le même protocole expérimental. Puisqu'une méthodologie unique est utilisée, il est possible d'observer des subtilités interdomaines qui étaient impossibles à observer auparavant, ce qui permet une compréhension du travail d'équipe plus large.

### **Implications pratiques**

L'objectif de cette étude est de mieux comprendre les précurseurs de la performance des équipes de gestion de crise afin de pouvoir, éventuellement, appliquer ces connaissances au monde réel et améliorer la performance des équipes sur le terrain.

Les résultats de la thèse offrent un premier pas dans cette direction. Ils illustrent l'importance des comportements collaboratifs intrinsèques dans une situation complexe et dynamique comportant une pression temporelle élevée. En développant une représentation plus précise des fonctions d'équipe, il sera possible de mieux comprendre comment les coéquipiers peuvent contribuer à la performance de l'équipe, et de soutenir ces fonctions, par la formation, le développement d'outils de support, l'organisation de la tâche, et même la sélection du personnel.

### ***Formation et entraînement***

Cette thèse a permis d'isoler les fonctions de régulation associées à une bonne performance des équipes de gestion de crise en sécurité civile et en soins intensifs. Les résultats de la thèse peuvent éventuellement permettre aux praticiens de mieux diagnostiquer les problèmes au sein des équipes de gestion de crise et de développer des interventions appropriées. Le modèle des fonctions de régulation peut également servir de base au développement d'un système de formation au travail d'équipe en gestion de crise qui cible les fonctions de régulation les plus importantes dans un domaine donné, et enseigne leur utilisation séquentielle et synchronisée.

### ***Formation basée sur les fonctions de régulation***

En tenant compte des résultats de la thèse, il semble impératif de développer un système de formation pour les équipes de gestion de crise basé sur la collaboration, le partage de l'information et la coordination des tâches. L'effet bénéfique que semble avoir la coordination implicite sur la performance des équipes de gestion de crise justifie le développement d'un outil de formation axé sur ces fonctions. Le modèle des fonctions de régulation offre une assise théorique solide pour le développement d'un tel syllabus, permettant de développer des méthodes de travail favorisant la coordination implicite, mais aussi le recours aux fonctions de régulation en général puisqu'elles sont intégratives, c'est-à-dire que les processus d'équipe reliés à la performance y sont inclus. Ainsi, un programme de formation des équipes de gestion de crise au cours duquel les étudiants apprennent à reconnaître les déclencheurs entraînant une augmentation soudaine de la charge de travail et à employer des stratégies de coordination implicite efficace à ce moment pourrait améliorer la performance des

équipes de gestion de crise dans le monde réel (Entin & Serfaty, 2010). De plus, l'enseignement et la pratique à reconnaître les éléments déclencheurs de l'environnement et l'association de ces derniers à la fonction de régulation appropriée stimuleraient le recours aux fonctions de régulation de façon séquentielle et synchronisée. Un tel programme de formation aiderait les équipes de gestion de crise à mieux performer, et limiterait le risque d'erreurs pouvant avoir des conséquences graves.

#### *La formation au travail d'équipe avec une simulation fonctionnelle*

L'utilisation de simulations fonctionnelles à des fins de formation est déjà largement répandue (Goode, Salmon, & Lenné, 2013; Sandahl et al., 2013; Summers, 2012; Gaba, 2004; Grogan, Stiles, France, Speroff, Morris, Nixon, & Pinson, 2004; Meriën, Van de Ven, Mol, Houterman, & Oei, 2010). Toutefois, ce ne sont pas tous les programmes de formation par simulation fonctionnelle qui produisent l'effet escompté. L'approche méthodologique utilisée dans la thèse offre aussi un cadre de formation solide pour les équipes de gestion de crise en sécurité civile et en soins intensifs.

De façon générale, l'utilisation de simulations fonctionnelles permet de former les équipes de gestion de crise dans un environnement contrôlé et sécuritaire (Maxson et al., 2011) et de favoriser le développement des processus d'équipe les plus pertinents en gestion de crise (Maxson et al., 2011; Subash, Dunn, McNicholl, & Marlow, 2004; Wiener, Kanki, & Helmreich, 1993). Les simulations fonctionnelles proposent une approche centrée sur l'étudiant, plutôt que sur l'enseignant. L'étudiant se retrouve directement impliqué dans son processus d'apprentissage et l'atteinte des objectifs devient une histoire personnelle (Gee, 2009 ; Stapleton, 2004). Cet aspect des simulations fonctionnelles est crucial puisque les étudiants semblent mieux apprendre lorsqu'ils pensent et résolvent des problèmes par le biais d'expériences personnelles puisqu'ils peuvent développer des stratégies et des méthodes alternatives par eux-mêmes (Rodehorst, Wilhelm, & Jensen, 2005). De plus, les simulations fonctionnelles permettent aux étudiants de recevoir une formation commune et de pratiquer en équipe les habiletés à développer (Maxson et al., 2011; Miller, Riley, Davis, & Hansen, 2008). Le recours à des simulations fonctionnelles stimule le développement des habiletés

cognitives (Alexander, Brunyé, Sidman, & Weil, 2009), favorise la pensée stratégique et augmente les ressources attentionnelles des étudiants (Bonk & Dennen, 2005). Pour être efficace, une formation avec simulation fonctionnelle doit être basée sur des principes théoriques du travail d'équipe solides et valides (Baker et al., 2006; Salas et al., 2008) et sur les principes de base des théories de l'apprentissage (Baker et al., 2006). Notamment, les scénarios des simulations fonctionnelles doivent être développés de façon à se trouver dans la zone proximale de développement de l'étudiant afin de permettre un apprentissage et un transfert optimaux (Graesser, Chipman, Leeming, & Biedenbach, 2009). L'outil de simulation utilisé doit aussi permettre aux étudiants de pratiquer les habiletés enseignées (Baker et al., 2006), offrir des rétroactions directes et permettre le débriefage (Baker et al., 2006; Hunt et al., 2007; Salas, Prince, et al., 1999). Les rétroactions immédiates permettent aux participants de mieux reconnaître et corriger leurs erreurs (Gee, 2009; Salas et al., 2007; 2008), tandis qu'une évaluation objective permet de s'assurer que les objectifs de la formation sont atteints (Chen & Gamasutra, 2005; Freeman, 2004; Roman and Brown, 2008). Les simulations fonctionnelles doivent aussi permettre une évaluation objective des habiletés et de la performance des participants par le biais de mesures objectives, valides et non intrusives (Salas et al., 2008; 2007). Enfin, la fluidité (flow; Graesser et al., 2009), l'immersion et la présence sont aussi essentielles pour faciliter l'engagement de l'étudiant et stimuler son apprentissage (Alexander et al., 2005; Witmer & Singer, 1998).

### *C<sup>3</sup>Fire comme outil de formation en gestion de crise*

C<sup>3</sup>Fire est connu comme un outil de formation efficace. C'est d'ailleurs dans cette optique qu'il a été développé (Granlund et al., 2001). Les scénarios de C<sup>3</sup>Fire utilisés pour cette thèse sont un bon outil de formation à la communication et à la coordination pour les équipes de gestion de crise. En effet, les scénarios de C<sup>3</sup>Fire ont été développés dans le but de favoriser la communication au sein de l'équipe. La division des unités entre les participants, et l'incapacité de chacun de voir les unités de ses coéquipiers s'ils ne se trouvent pas à l'intérieur d'un champ de vision restreint force les participants à communiquer des informations cruciales sur leur position, leurs intentions et leurs besoins. Ces caractéristiques obligent également les participants à

développer des stratégies de coordination efficaces des ressources matérielles (eau, structure fonctionnelle) et humaines (unités) puisque ces dernières sont limitées. Comme la coordination implicite a été identifiée comme un agent facilitateur de la performance des équipes de gestion de crise, l'utilisation des scénarios de C<sup>3</sup>Fire tel qu'ils ont été définis pour la thèse peut s'avérer très efficace. De plus, C<sup>3</sup>Fire offre une rétroaction continue et en temps réel de la performance des équipes puisque le feu est visible en permanence par tous les membres de l'équipe. Ils peuvent donc évaluer eux-mêmes leur progression et modifier leurs actions en cours de scénario. Aussi, les mesures utilisées dans la thèse permettent l'évaluation objective de la performance des équipes. La performance, mesurée par le process gain, est tributaire des choix de l'équipe, mais aussi de leur efficacité à coordonner leurs actions et leurs ressources. D'autres mesures objectives, qui n'ont pas été utilisées pour la thèse, sont également pertinentes pour mesurer objectivement des processus d'équipe importants en gestion de crise, tels qu'un index de coordination, d'efficacité de la surveillance, et d'adaptabilité de l'équipe. Plus il y a de données disponibles sur la performance (tâche et travail d'équipe), plus l'évaluation est objective, et plus elle peut être personnalisée pour répondre aux besoins particuliers de chaque participant (Chen & Gamasutra, 2005; Raybourn, 2006). De plus, les scénarios de C<sup>3</sup>Fire ont été testés par des novices pour évaluer leur niveau de difficulté, de façon à se trouver dans la zone proximale de développement afin de permettre un apprentissage et un transfert maximum (Graesser et al., 2009). Les scénarios présentent tous un niveau de difficulté important puisqu'ils ont été développés de façon à ce que peu d'équipes arrivent à maîtriser le feu, mais l'objectif demeure atteignable. Selon le processus de l'équilibre de Piaget (1976), lorsqu'ils sont confrontés à un problème intéressant, les participants vont tenter de le résoudre, mais seulement si la solution semble atteignable (Freeman, 2004). Si le problème semble trop complexe, les participants abandonnent, ce qui compromet l'apprentissage. Enfin, malgré sa faible validité de face, C<sup>3</sup>Fire présente une bonne validité psychologique qui facilite la fluidité, la présence et l'immersion. C<sup>3</sup>Fire est donc un bon outil de formation au travail d'équipe en gestion de crise.

### *Apprentiss comme système de formation en soins intensifs*

Le centre Apprentiss de l'Université Laval est d'abord et avant tout un centre de formation universitaire. Les scénarios développés pour l'expérimentation présentent un haut niveau de validité psychologique puisqu'ils ont été développés par des experts en soins intensifs et en simulation. De plus, Apprentiss présente une validité physique presque parfaite, qui favorise la fluidité, la présence et l'immersion dans la tâche et qui, en fin de compte, peut favoriser le transfert des acquis au monde réel (Greitzer, Kuchar, & Huston, 2009). De plus, tel que mentionné au Chapitre II, les scénarios ont fait l'objet d'une évaluation de leur niveau de difficulté par un groupe d'experts. Les résultats de cette analyse ont montré que les scénarios présentent un niveau de difficulté moyen/élevé (31.31/50), ce qui favorise un apprentissage et un transfert optimum (Graesser et al., 2009). Tout comme C<sup>3</sup>Fire, Apprentiss offre une rétroaction continue et en temps réel de la performance par le biais du mannequin HPS (Medical Education Technologies Inc., Florida) qui répond en temps réel aux manipulations de l'équipe, de façon cohérente avec la pathologie simulée, et au moniteur cardiaque, qui lui aussi est cohérent avec les interventions de l'équipe et l'état du patient. La mesure de performance utilisée dans la thèse facilite l'évaluation des équipes. Bien qu'elles n'aient pas été utilisées ici, d'autres mesures pourraient facilement être implémentées et utilisées afin d'offrir une évaluation complète du travail des équipes de soins intensifs et personnaliser la formation (Chen and Gamasutra, 2005; Raybourn, 2006). Les scénarios d'Apprentiss ont été développés, ici aussi, en vue de maximiser la communication entre les membres de l'équipe. En effet, les participants possèdent tous des informations concernant le patient qui sont cruciales au diagnostic et au choix d'interventions, et qui ne sont pas connues par le reste de l'équipe. Pour bien performer, les équipes de soins intensifs doivent partager ces informations. De plus, la nature de la tâche à accomplir requiert une bonne coordination des actions entre les participants. Tel que mentionné plus haut, la coordination implicite joue un rôle central pour la performance des équipes de gestion de crise. Dès lors, l'utilisation des scénarios d'Apprentiss permet d'enseigner des techniques de coordination et éventuellement améliorer la performance des équipes de soins intensifs. De plus, des périodes de débriefage d'une heure ont lieu entre les scénarios, pendant lesquels ces techniques

pourraient être enseignées. Les débriefages utilisent entre autres la reprise vidéo de la simulation pour enseigner des techniques de communication efficaces, tels que la boucle de rétroaction. Il serait très simple d'y implémenter une formation sur la coordination, mais également sur le modèle de Rousseau et al. (2006) et ses applications.

### ***Développement d'outils***

Les situations de gestion de crise sont exigeantes, tant sur le plan physique, que cognitif et émotionnel, notamment en raison de leur dynamisme et de leur complexité. Les intervenants sont continuellement confrontés à de nouvelles situations caractérisées par des contraintes sévères et doivent prendre rapidement des décisions dans des conditions précaires (e.g., Gonzalez et al., 2005). La technologie, lorsque bien développée, peut améliorer la performance des équipes de gestion de crise (Salas et al., 2008). Plusieurs outils de soutien à la cognition et au travail d'équipe existent (Gutwin & Greenberg, 2004; Jain & Mc Lean, 2003). Les systèmes de soutien varient grandement, allant des systèmes de soutien de la décision (e.g., NVision), aux outils de soutien au travail collaboratif (e.g., Microsoft Surface). Toutefois, ce ne sont pas tous les systèmes de soutien qui sont efficaces, et certains peuvent même entraîner un coût à la performance (Dubé et al., 2011; Lafond, Vachon, Rousseau & Tremblay, 2010; Salas et al., 2008). Le modèle des fonctions de régulation de Rousseau et al. (2006) peut servir de base pour le développement de lignes directrices pour la conception d'outils de soutien au travail d'équipe (Naikar, Pearce, Drumm, & Sanderson, 2003) en identifiant les fonctions d'équipe les plus importantes dans un contexte donné. Certains systèmes déjà en place semblent bien soutenir certaines fonctions de régulation du travail d'équipe. Par exemple, le moniteur cardiaque en soins intensifs, visible par tous les membres de l'équipe, offre des informations cruciales sur l'état interne du patient, en temps réel. Ces moniteurs soutiennent la fonction d'évaluation : tous les membres de l'équipe ont accès à la même information seulement en levant les yeux vers le moniteur. Ils n'ont pas besoin, comme par le passé, qu'un membre de l'équipe évalue le patient, puis transmette ses observations au reste de l'équipe. L'équipe économise alors des ressources qui peuvent être redistribuées vers d'autres tâches.

Sur la base des résultats de la thèse, il serait recommandé de porter une attention particulière au soutien de la fonction de collaboration, tant en soins intensifs qu'en sécurité civile, étant donné que cette fonction semble cruciale en gestion de crise. Par exemple, un système permettant de suivre les actions en cours, les actions terminées, et les actions en attente pourrait présenter un outil de soutien à la fonction de collaboration. Un tel système pourrait faciliter la coordination implicite en soutenant le développement d'un modèle mental partagé et en limitant le besoin de communiquer. Comme la coordination implicite semble mener à une meilleure performance des équipes de gestion de crise, il est possible de penser qu'un tel système stimulerait la performance.

### **Limites**

Les deux études de la thèse offrent un cadre expérimental innovateur par l'alliance d'une méthodologie empirique complexe et dynamique et l'utilisation de métriques objectives et non invasives. Malgré la force du devis expérimental utilisé, les résultats doivent tout de même être considérés avec prudence.

#### ***Nombre d'observations***

Les résultats de la thèse doivent être envisagés avec prudence. Le nombre restreint d'équipes dans la première étude limite la puissance statistique des observations intergroupe. En effet, pour s'assurer que l'échantillon présente une distribution normale, nécessaire à la plupart des tests statistiques, un nombre minimum de 30 observations est requis (Howell, 1997). Il en va de même dans la deuxième étude sur les soins intensifs, où le faible nombre d'observations n'a pas permis le recours à un plan expérimental.

#### ***Mesure de la performance de l'étude 2***

Mesurer la performance des équipes en situation de crise aux soins intensifs représente un défi majeur. En raison de la complexité et de l'incertitude quant à l'état du patient, il est pratiquement impossible d'identifier le meilleur ensemble de comportements à adopter dans une situation donnée. Bien que la mesure utilisée pour cette étude présente plusieurs avantages, notamment son objectivité, elle présente aussi

certaines limites. En effet, afin de rendre la mesure de performance la plus objective possible, seules les actions de l'équipe reliées à la réanimation et l'image du moniteur cardiaque ont été utilisées. Ceci a facilité l'analyse des vidéos et a assuré une plus grande objectivité de la mesure. Par contre, il est possible que certaines subtilités aient influencé le choix des actions de l'équipe, à un moment donné. Ces situations n'ont pas pu être observées par l'analyse des vidéos. L'intégration de l'analyse audio aurait pu permettre, à certains moments, de comprendre les actions de l'équipe et de modifier l'index de performance. Toutefois, l'introduction des bandes audio dans l'analyse de la performance aurait aussi amené un élément de subjectivité à la mesure. Comme ces situations semblent rares, il a été choisi de ne pas inclure l'analyse des communications à celle de l'analyse vidéo pour la mesure de performance. De plus, la mesure de performance aurait pu être rendue plus objective en remplaçant l'analyse vidéo par les informations contenues dans le log du mannequin. En effet, le log du mannequin contient toute l'information relative au temps et à la qualité des compressions thoraciques, ainsi que le temps pendant lequel l'état du patient nécessitait un massage. Ces informations sont plus précises et plus objectives que l'analyse comportementale utilisée dans cette étude. Malheureusement, ces informations n'ont pas été conservées par l'équipe d'Apprentiss, d'où le recours à l'analyse comportementale. Dans de futures études, l'utilisation des logs du mannequin offrirait des informations complètement objectives. Les informations tirées de ces logs permettraient d'utiliser le même calcul de l'index de performance utilisé ici.

De plus, l'index de performance mesurée dans l'étude Apprentiss en soins intensifs ne s'attarde qu'à l'aspect «tâche» de la performance, et ne prend pas en considération l'aspect «travail d'équipe». Or, le travail d'équipe occupe une place importante en soins intensifs (Gawande, Zinner, Studdert, & Brennan, 2003; Kunzle, Xiao, Miller, Mackenzie, 2010; Reader et al., 2007; Zingg et al., 2008). Les compétences non techniques sont en effet reconnues pour affecter positivement la performance des équipes en situations complexes et dynamiques telles que les situations d'urgence en soins intensifs (Chalwin & Flabouris, 2013). L'ajout d'une échelle de mesure de performance non technique, qui évalue les compétences et les habiletés non techniques des membres de l'équipe, comme la conscience de la situation,

la qualité de la communication, ou la prise de décision (Chalwin & Flabouris, 2013) par exemple, offrirait donc une vision plus complète de la performance des équipes de soins intensifs. Plusieurs outils de mesure de l'efficacité du travail d'équipe ont été proposés dans la littérature et pourraient être associés à l'index de performance technique utilisée ici. Notamment, le Teamwork Behavioural Rater (Frengley et al., 2011) mesure la performance non technique des équipes de réponse aux urgences médicales déjà existantes, ce qui en fait un excellent outil pour la présente étude. Le Teamwork Behavioural Rater mesure le degré de compétence de chaque membre de l'équipe pour le leadership, la coordination, la communication et la surveillance mutuelle sur une échelle de Likert en sept points. La combinaison de la mesure technique utilisée dans la présente étude et du Teamwork Behavioural Rater permettrait une vision globale de la performance des équipes de soins intensifs, et permettrait éventuellement une meilleure compréhension du travail d'équipe en soins intensifs.

### ***Analyse de communications***

L'analyse de communications est un outil efficace pour extraire de l'information provenant de données verbales (Krippendorff, 2013). Par contre, l'analyse du contenu des communications demeure un outil subjectif, influencé par la compréhension qu'ont les codeurs de la grille d'analyse. Malgré une formation intensive commune à toute l'équipe de codification, les différences individuelles ne peuvent être complètement contrôlées (Graneheim & Lundman, 2004; Krippendorff, 2013). De plus, toute communication comporte plusieurs sens. Le sens que le codeur, ou le chercheur, donnera à une communication donnée est donc nécessairement influencé par ses croyances et son histoire personnelle (Graneheim & Lundman, 2004; Patton, 1990). L'analyse du contenu des communications requiert alors un compromis entre les points de vue particuliers des codeurs et du chercheur, afin d'établir un équilibre et obtenir une compréhension la plus objective possible. Toutefois, le niveau d'accord interjuge obtenu dans la thèse montre que tous les codeurs ont compris et traité la grille d'analyse de la même façon et permet de valider les résultats obtenus.

La compréhension et l'interprétation que les codeurs font de la grille d'analyse ainsi que du contenu des communications à analyser peut aussi changer dans le temps.

Ceci nuit à la stabilité, et par le fait même à la fiabilité de l'analyse. La stabilité réfère au degré auquel l'analyse demeure stable dans le temps. La compréhension de la grille d'analyse peut changer en cours d'analyse puisque les codeurs se familiarisent avec le domaine et la situation à l'étude, et acquièrent de l'expérience. D'autres facteurs, tels que l'insécurité, la négligence, la distraction, et une mauvaise compréhension des instructions, peuvent influencer négativement la stabilité (Krippendorff, 2013). Ces derniers risquent alors de donner un sens différent à une même communication, et limiter la fiabilité de l'analyse. Toutefois, une analyse intrajuge effectuée pour les deux études a permis de s'assurer de la stabilité de l'analyse des communications et de valider les résultats de l'analyse.

De même, toute communication comporte deux facettes: une facette «digitale», qui correspond à la communication verbale, et une facette «analogique», faisant référence à la communication non verbale (Knapp, Hall, & Horgan, 2013; Pawlikowska, Zhang, Griffiths, van Dalen, & van der Vleuten, 2012; Watzlawick, Beavin, Bavelas, & Jackson, 1967). Le sens d'une communication est donc bidimensionnel et l'utilisation d'un seul aspect de la communication peut mener à des erreurs d'interprétation (Downe-Wamboldt, 1992). Dans les deux études présentées ici, l'analyse du seul contenu «digital» des communications présente une limitation quant aux fonctions de régulation enregistrées. Toutefois, certaines fonctions de régulation ont pu se refléter dans le langage non-verbal des coéquipiers, et n'ont alors pas été enregistrées. Par exemple, le contact visuel entre deux membres de l'équipe lors de l'exécution d'une tâche, ou le fait de tendre la main pour que son coéquipier remette un objet sont des manifestations de la fonction de collaboration qui n'auraient pas été incluses dans les analyses de la thèse. De plus, les fonctions de régulation ne s'expriment pas uniquement par le biais de la communication verbale. Plusieurs comportements «physiques» peuvent également représenter le recours aux fonctions de régulation. D'ailleurs, le fondement du modèle de Rousseau et al. (2006) repose sur la notion de comportements. Par exemple, le fait de regarder le moniteur cardiaque en situation de soins intensifs indique le recours à la fonction d'évaluation, sans qu'aucune parole ne soit prononcée. De même, un agent qui déplace un camion-citerne à côté d'un pompier dans C<sup>3</sup>Fire présente un comportement de collaboration, toujours sans

prononcer une seule parole. Il semble donc que les équipes n'aient recours à la communication qu'au besoin, tant chez les équipes colocalisées (Apprentiss) que distribuées (C<sup>3</sup>Fire). Or, la proximité physique est habituellement associée à une communication plus fréquente et plus fluide au sein de l'équipe (McDonough III, Kahn, & Barczak, 2001; Ross-Flanigan, 1998). Il semble donc que les équipes de gestion de crise tentent effectivement d'individualiser leur travail le plus possible, en raison des caractéristiques fondamentales des situations de crise: surcharge de travail, surcharge d'information, et pression temporelle. Il est donc possible que les équipes, dans les deux études, aient eu recours à des fonctions de régulation qui n'ont pas été observées par l'analyse des communications. Toutefois, l'analyse des comportements lors de simulations complexes telles que C<sup>3</sup>Fire et Apprentiss est laborieuse. Les enregistrements vidéo ne capturent pas tous les comportements de l'équipe, et il est parfois difficile de bien voir les gestes et les actions posés. De plus, certaines actions sont subtiles et difficilement observables par le biais d'enregistrements vidéo.

### ***Limites particulières à l'étude 1***

Le design expérimental utilisé pour la première étude en sécurité civile présente quelques limitations. En effet, la structure fonctionnelle présente un déséquilibre dans la répartition de la charge de travail. La façon dont les tâches ont été réparties au sein de la structure fonctionnelle n'était peut-être pas optimale, le participant X ayant le double des unités à gérer comparativement à ses collègues. Le débalancement de la charge de travail peut avoir influencé le travail des équipes dans cette structure.

La façon dont les scénarios de cette étude ont été développés peut aussi avoir influencé le travail des équipes et leur utilisation des fonctions de régulation. Les scénarios ne comportent que deux changements dans l'environnement, ce qui a limité le besoin de réorganiser le travail et de revoir la distribution des tâches. Or, les situations de crise sont des situations imprévisibles et très changeantes, où les équipes doivent souvent réagir rapidement à l'environnement. Ici, le fait que seulement deux changements se produisent sur une période de 15 minutes limite le besoin de l'équipe de réorganiser les tâches. Les équipes n'ont eu besoin de se réajuster que deux fois, et parfois même jamais s'ils n'ont pas eu conscience des changements de vent.

De plus, les communications entre les coéquipiers qui ont eu lieu entre les scénarios n'ont pas été enregistrées. Or, les expérimentateurs ont rapporté que les participants discutaient souvent de stratégies et de planification entre les scénarios. La quasi-absence de la fonction de préparation peut être en partie due à cette information perdue. L'enregistrement et l'analyse des communications entre les scénarios pour les prochaines études s'avèrent primordiaux.

### ***Limites particulières à l'étude 2***

Les scénarios utilisés dans Apprentiss offrent un niveau de fidélité psychologique élevé. Ceci est dû en partie à leur réalisme, puisqu'ils ont été développés par des experts en soins intensifs et en simulation avec plusieurs années d'expérience, mais aussi à leur grande flexibilité. En effet, le script des scénarios contient les grandes lignes de la situation, mais la majorité des événements sont tributaires des comportements de l'équipe. Ceci mène toutefois à l'absence d'évènement déclencheur commun à toutes les équipes qui aurait permis de vérifier l'évolution du modèle selon la situation. En effet, la présence de changements critiques constants dans la simulation aurait permis de vérifier l'adaptabilité des équipes et la flexibilité du modèle des fonctions de régulation, comme avec C<sup>3</sup>Fire. Le recours à des scénarios un peu plus scénarisés pourrait être intéressant dans le futur.

La simulation avec Apprentiss offre, tel que mentionné plus haut, un bon niveau d'immersion pour les participants. Toutefois, quelques glissements ont été observés lors de l'analyse des enregistrements vidéo. Quelques actions n'ont pas pu être réellement effectuées par les équipes, pour des raisons techniques. Les membres de l'équipe impliqués ont alors dû «faire semblant». De façon générale, ceci semble avoir peu affecté les équipes, à deux exceptions près. En effet, lors de l'analyse des communications, il a été remarqué que deux participants, appartenant à deux équipes différentes, ont «décroché» de la simulation, et ont passé quelques commentaires négatifs à propos de la simulation pendant les scénarios. Aucune analyse ne s'est penchée sur le possible impact de ces individus sur la performance de leurs équipes. Ce sont toutefois des cas isolés et l'impact sur les analyses, s'il en est un, est mineur.

## Travaux futurs

Les travaux futurs devraient se pencher sur les limitations énoncées ci-haut, et poursuivre la validation empirique du modèle des fonctions de régulation à d'autres domaines et situations. Dans cette optique, des études complémentaires à celles présentées ici sont nécessaires afin de bien comprendre le rôle des fonctions de régulation dans le travail d'équipe en situation de gestion de crise et préciser davantage de modèle de Rousseau et al. (2006).

Tout d'abord, l'utilisation d'une version plus complète de C<sup>3</sup>Fire impliquant des types d'unité différents est nécessaire. En effet, selon les unités choisies, il serait possible de reproduire avec plus de fidélité les rôles proposés par le Firescope et de mieux évaluer l'effet de la spécialisation des rôles sur le travail d'équipe et le modèle des fonctions de régulation. La comparaison entre une structure d'équipe fonctionnelle et multifonctionnelle serait alors plus près de la réalité, et il serait possible de mieux comprendre l'impact de la distribution des tâches et des ressources sur le modèle de Rousseau et al. (2006). Un plus grand nombre d'observations est également nécessaire afin d'atteindre une puissance statistique adéquate. Finalement, une modification quant au déroulement des scénarios s'impose. Les scénarios devraient idéalement être plus longs, et contenir plusieurs petits changements critiques, plutôt que seulement deux gros changements. Ceci permettrait de simuler une plus grande variabilité dans la charge de travail, et permettrait également à l'équipe d'atteindre des sous-buts, ce qui n'est pas possible actuellement. En effet, aucune équipe n'est parvenue à éteindre un des feux, ils ont simplement dû travailler sur tous les feux en parallèle. Inclure plusieurs petits feux dans les scénarios donnerait la chance aux équipes de terminer au moins une tâche (éteindre un des feux) en cours de scénario. De cette façon, il serait plus probable d'observer le modèle dans son ensemble, comme dans le monde réel.

Quelques modifications seraient également utiles pour les scénarios Apprentiss. Tel que mentionné plus haut, il n'y a pas d'évènement déclencheur stable, commun à toutes les équipes. Il serait utile de revoir les scénarios de façon à s'assurer d'au moins un évènement majeur survenant toujours au même point, afin de moduler la charge de travail et permettre d'établir des segments stables, qui faciliteront l'analyse. Le recours

à un index de performance englobant également les comportements d'équipe serait aussi utile pour obtenir un index de performance précis et complet.

Pour les recherches futures concernant le modèle des fonctions de régulation, l'analyse des communications devrait être accompagnée d'une analyse des comportements. Il serait utile de développer une grille d'analyse des comportements basée sur les quatre fonctions de régulation, sur le même principe que la grille d'analyse des communications. Une grille d'analyse des comportements développée par des experts en simulation et en psychologie cognitive appliquée offrirait une meilleure évaluation des fonctions de régulation utilisées par les équipes lors des simulations. Des comportements tels que le contact visuel ou le partage d'outils et d'instruments pourraient donc être inclus dans l'analyse, offrant une image plus complète du travail d'équipe. Toutefois, certains comportements sont difficiles à observer. Il pourrait être intéressant d'ajouter des mesures psychophysologiques comme le mouvement oculaire afin de mieux estimer certaines fonctions, notamment la fonction d'évaluation.

### *Synchronisme*

Le modèle des fonctions de régulation de Rousseau et al. (2006) se distingue par son aspect séquentiel qui permet de considérer l'aspect dynamique du travail d'équipe. Toutefois, il semblerait que la séquentialité des fonctions de régulation ne soit pas un élément critique de la performance des équipes. Il est possible que le synchronisme, c'est-à-dire le moment auquel une fonction de régulation est utilisée par l'équipe, soit un meilleur prédicteur de la performance des équipes (Prince, Brannick, Prince, & Salas, 1997). La prochaine étape logique serait donc de déterminer la relation entre la fonction de régulation utilisée à un moment donné, et la pertinence de cette fonction, à ce moment, selon les conditions environnementales internes et externes de l'équipe. Pour ce faire, il serait nécessaire de mettre en place une grille d'évaluation de l'environnement interne et externe de l'équipe. Cette évaluation devrait être effectuée par des experts, et tenir compte du contexte actuel au moment où une fonction de régulation est observée.

### *Les systèmes multiéquipes*

Une multiéquipe est un ensemble de deux équipes ou plus qui interagissent directement, de façon interdépendante, en réponse aux exigences environnementales, dans le but d'accomplir un objectif commun qu'aucune équipe ne peut atteindre efficacement de façon indépendante (Mathieu, Marks, & Zaccaro, 2001). Les multiéquipes sont souvent formées afin de gérer des environnements hautement turbulents (Zaccaro, Marks, & DeChurch, 2012), elles sont donc particulièrement pertinentes en gestion de crise (Keyton, Ford, & Smith, 2012). Les systèmes multiéquipes peuvent être intra-organisationnels, comme lorsque des escouades spécialisées de la Sûreté du Québec participent conjointement à des opérations de recherche et de sauvetage. Ils peuvent aussi être multiorganisationnels, c'est-à-dire que les équipes qui composent le système proviennent d'organisations différentes, par exemple lorsque plusieurs services de police et d'incendie travaillent conjointement pour gérer une situation particulière (p. ex., le déluge du Saguenay). Les systèmes multiéquipes sont le plus souvent associés à un événement particulier et les unités de ce nouveau regroupement doivent élaborer des procédures communes tout en s'assurant de la compatibilité de leur propre procédure (Alberts & Hayes, 2006). Ainsi, les fonctions de régulation de la performance (préparation, collaboration, évaluation, ajustement) sont susceptibles de jouer un rôle important dans ce contexte, et possiblement différent de ce qui est observé en travail d'équipe régulier. Les équipes qui composent le système doivent harmoniser leurs efforts, tant en termes de la tâche qu'en termes de rythme d'opération (Ancona et Chong, 1999). Marks et al. (2005) suggèrent donc que le coût en matière d'efficacité associé à l'interdépendance est amplifié au sein d'un système multiéquipe, notamment parce que l'hétérogénéité des équipes qui composent le système complique le partage d'information et la coordination des tâches (DeChurch & Mathieu, 2009; Keyton et al., 2012; Lau & Murnighan, 2005). La coordination des tâches semble également plus complexe au sein d'un système multiéquipe (Standifer, 2012). Il existe en effet une distinction entre la coordination intraéquipe et interéquipe; la deuxième étant plus exigeante en termes de charge cognitive en raison des besoins accrus de synchronisation et de vision commune (Stammers & Hallam, 1985), mais aussi parce que le niveau d'interdépendance entre

les équipes qui constituent le système n'est pas nécessairement égal (Standifer, 2012). Endsley et Jones (2001) soulignent d'ailleurs l'importance du niveau d'interdépendance et de partage d'objectifs communs entre les équipes qui composent le système. En effet, le niveau d'interdépendance serait en lien avec le besoin de développer une conscience de la situation partagée et le coût de fonctionnement. Dans ce sens, les systèmes multiéquipes risquent de présenter une augmentation des coûts associés à chacune des fonctions de régulation. Par contre, selon le modèle théorique des fonctions de régulation, la séquence des fonctions ne devrait pas être différente au sein d'un système multiéquipe. Les systèmes multiéquipes présentent aussi parfois une composante internationale, surtout en gestion de crise, lorsqu'un sinistre dépasse les frontières géographiques. Dans de telles circonstances, les équipes de gestion de crise de plusieurs pays doivent travailler ensemble afin de contrôler la situation le plus rapidement possible. Or, des contraintes particulières s'ajoutent à celles des systèmes multiéquipes traditionnels. C'est le cas notamment de la barrière de la langue (Tremblay, Granlund, Berggren, Jobidon, Holmberg, & Turner, 2012), qui risque de largement influencer le partage d'information et la coordination explicite. L'évaluation de l'impact des fonctions de régulation sur la performance de systèmes multiéquipes internationaux est une avenue intéressante, non seulement pour mieux comprendre le fonctionnement de tels systèmes, mais aussi pour enrichir le modèle des fonctions de régulation et en faire un outil puissant d'évaluation et de prédiction de la performance des équipes.

## **CONCLUSION GÉNÉRALE**



Le travail d'équipe est un aspect critique de la gestion de crise. La gestion de crise est une situation complexe et dynamique, caractérisée par l'incertitude, l'imprévisibilité et une pression temporelle et une charge de travail très élevées. La performance des équipes de gestion de crise est tributaire de plusieurs processus d'équipe connus (Jobidon et al., 2006). Toutefois, l'interaction entre ces processus et leur impact relatif sur la performance n'avaient pas, jusqu'alors, été modélisés de façon satisfaisante, en présentant un aspect dynamique dans l'interaction de ces processus. Le modèle des fonctions de régulation de Rousseau et al. (2006) offre une explication dynamique de la performance des équipes par la présentation séquentielle des fonctions de régulation, elles-mêmes un amalgame de processus d'équipe. Le modèle théorique n'avait pas encore été validé empiriquement. La présente thèse suggère que les fonctions de régulation sont utilisées de façon séquentielle par les équipes. Toutefois, cette séquence ne semble pas être reliée à la performance. La notion de synchronisme avec l'environnement externe de l'équipe peut expliquer l'absence de relation entre la séquence et la performance des équipes. Il est possible que le moment où une fonction de régulation est utilisée soit plus important que la fonction qui la précède. Par contre, l'importance relative de la fonction de collaboration est, elle, corrélée à la performance des équipes. Ces résultats laissent supposer que le recours à un mode de coordination implicite au sein des équipes de gestion de crise est une pierre angulaire de la bonne performance. Ces résultats sont en lien avec d'autres études effectuées par le passé qui avaient illustré l'importance de la coordination implicite lors de situations complexes et dynamiques caractérisées par une pression temporelle et une charge de travail élevées. (Balbutie & Hallam, 1985; Dubé et al., 2010; Entin et Serfaty, 1999; Entin, 2010; Stout, Cannon-Bowers, Salas, et Milanovich, 1999). La réalisation de travaux supplémentaires est toutefois nécessaire afin de bien vérifier le lien entre le synchronisme des fonctions de régulation et la performance des équipes de gestion de crise.



## BIBLIOGRAPHIE

- Abella, B.S., Alvarado, J.P., Myklebust, H., Edelson, D.P., Barry, A., O'Hearn, N., Vanden Hoek, T.L., & Becker, L.B. (2005). Quality of cardiopulmonary resuscitation during in-hospital cardiac arrest. *Journal of the American Medical Association*, 293(3) 305–10.
- Achille, L. B., Schultz, K. G., & Schmidt-Nielson, A. (1995). An analysis of communication and the use of military terms in Navy team training. *Military Psychology*, 7, 95-107.
- ACLS: Principles and Practice. Dallas: American Heart Association. 2003. p. 1. ISBN 0-87493-341-2.
- Adenfelt, M., & Lagerström, K. (2009). Communication in global development projects: objectives, mechanisms and interpretations. In A. Hallin, & T. Karrbom-Gustavsson (Eds.), *Organizational Communication and Sustainable Development: ICTs for Mobility*, Information Science Reference (pp. 153–169).
- Alberts, D.S., & Hayes, R.E. (2006). *Understanding Command and Control. The Future of Command and Control*. CCRP, DoD, Washington, District of Columbia.
- Alexander, A.L., Brunyé, T., Sidman, J., & Weil, S.A. (2005). From gaming to training: A review of studies on fidelity, immersion, presence, and buy-in and their effects on transfer in PC-based simulations and games. DARWARS Training Impact Group
- American Heart Association. (2003). *ACLS: Principles and Practice*. Dallas (p. 1). ISBN 0-87493-341-2.
- Ancona, D., & Chong, C. L. (1999). *Cycles and synchrony: The temporal role of context in team behavior*. Elsevier Science/JAI Press.
- Andersen, P.O., Jensen, M.K., Lippert, A., Østergaard, D. (2010). Identifying non-technical skills and barriers for improvement of teamwork in cardiac arrest teams. *Resuscitation*, 81, 695-702
- Anderson, J., Murphy, A., Boyle, K., Aeger, K., & Halamek, L. (2006). Simulating extracorporeal membrane oxygenation emergencies to improve human performance. Part II: Assessment of technical and behavioral skills. *Simulation in Healthcare*, 1(4), 228-232.

- Annett, J., Cunningham, D., & Mathias-Jones, P. (2000). A method for measuring team skills. *Ergonomics*, 43, 1076-1094.
- Arrow, H., McGrath, J. E., & Berdahl, J. L. (2000). *Small Groups as Complex Systems: Formation, Coordination, Development*. London, United Kingdom: Sage Publications.
- Artman, H., & Wearn, Y. (1999). Distributed cognition in an emergency co-ordination center. *Cognition, Technology & Work*, 1(4), 237-246.
- Ashton, R. H., Kleinmuntz, D. N., Sullivan, J. B., & Tomassini, L. A. (1988). Audit Decision Making. In A. R. Abdel-Khalik & I. Solomon (Eds.), *Research Opportunities in Auditing: The Second Decade* (pp. 95-132). Sarasota, FL: American Accounting Association.
- Babbie, E. (1986). *The practice of social research* (4th ed.). Belmont, CA: Wadsworth.
- Bakeman, R., & Gottman, J. M. (1986). *Observing interaction: An introduction to sequential analysis*. New York: Cambridge University Press.
- Bakeman, R., & Quera, V. (1992). SDIS: A sequential data interchange standard. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, 24, 554-559.
- Bakeman, R., & Quera, V. (1995). *Analyzing interaction: Sequential analysis with SDIS and GSEO*. New York: Cambridge University Press.
- Baker, D. P., Day, R., & Salas, E. (2006). Teamwork as an essential component of high-reliability organizations. *Health services research*, 41(4p2), 1576-1598.
- Beach, L.R., Chi, M., Klein, G., Smith, P., & Vicente, K. (1997). Naturalistic decision making and related research lines. In C.E. Zsombok, & G. Klein (Eds.) *Naturalistic Decision Making* (pp. 29–35). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Besnard, D., & Bastien-Toniazzo, M. (1999). Expert error in trouble-shooting: an exploratory study in electronics. *International Journal of Human-Computer Studies*, 50, 391-405.
- Berelson, B. (1952). *Content Analysis in Communication Research*. The Free Press, Glencoe, Illinois.
- Boin, R.A., & Hart, P. (2003). Public leadership in times of crisis: Mission impossible? *Public Administration Review*, 63(6), 544-553.
- Boin, A., & Hart, P. (2007). The crisis approach. In H. Rodriguez, E.L. Quarantelli, &

- R.R. Dynes (Eds.), *Handbook of Disaster Research*. New York, NY : Springer
- Bonk, C.J., & Dennen, V.P. (2005). *Massive multiplayer online gaming: A research framework for military training and education*. *Advanced Distributed Learning, Technical Report 2005-1*
- Bourque, L.B., Siegel, J.M., & Shoaf, K. (2001). Psychological distress and use of health services following urban earthquakes in California. In *Proceedings of the first workshop for comparative study on urban earthquake disaster management* (pp. 77-87). Kobe, Japan.
- Bowers, C. A., Jentsch, F., Salas, E., & Braun, C. C. (1998). Analyzing communication sequences for team training needs assessment. *Human Factors*, 4 (40), 672-679.
- Brehmer, B. (1992). *Dynamic decision making : Human control of complex systems*. *Acta Psychologica*, 81, 211-241.
- Brehmer, B. (2004). Some reflections on microworld research. In S. G. Schifflet, L. R. Elliott, E. Salas & M. D. Covert (Eds.), *Scaled worlds: Development, validation and applications*. Aldershot, England: Ashgate Cornwall.
- Brehmer, B., & Dörner, D. (1993). Experiments with computer- simulated microworlds: Escaping both the narrow straits of the laboratory and the deep blue sea of the field study. *Computers in Human Behavior*, 9, 171–184.
- Brennan, S. E., Chen, X., Dickinson, C. A., Neider, M. B., & Zelinsky, G. J. (2008). Coordinating cognition: The costs and benefits of shared gaze during collaborative search. *Cognition*, 106(3), 1465-1477.
- Breton, R., & Rousseau, R. (2007). The analysis of team decision making architectures. In M. Cook, J. Noyes, & Y. Masakowski (Eds.), *Human factors of decision making in complex systems* (pp. 243- 258). Aldershot, UK: Ashgate.
- Breton, R., & Rousseau, R. (2004). *The M-OODA: A Model Incorporating Control Functions And Teamwork In The OODA Loop*. *Proceedings of CCRTS*. San Diego, CA.
- Brittain, K., & Leifer, R. (1986). Information systems development success: perspectives from project team participants. *MIS Quarterly*, 10 (3), 215–223.
- Builder, C. H., Bankes, S. C. & Nordin, R. (1999). *Command concepts: A theory derived from the practice of command and control*. Santa Monica, CA: Rand

- Canon-Bowers, J. A., & Salas, E. (1997). Individual and Team Decision Making Under Stress: Theoretical Underpinnings. In J. Cannon-Bowers & E. Salas (Eds.), *Making Decisions under stress: implications for individual and team training* (pp. 17 - 38). Washington: American Psychological Association.
- Cannon-Bowers, J. A., Tannenbaum, S. I., Salas, E., & Volpe, C. E. (1995). Defining team competencies: Implications for training requirements and strategies. In R. Guzzo and E. Salas (Eds.), *Team Effectiveness and Decision Making in Organizations*. San Francisco: Jossey Bass
- Canon-Bower, J.A., Tannenbaum, E.S., & Volpe, C.E. (1995). Understanding the dynamics of diversity in decision-making teams. In Guzzo & E. Salas (Eds.) *Team Effectiveness and Decision Making in Organizations*. San Francisco, CA.
- Chalwin, R. P., & Flabouris, A. (2013). Utility and assessment of non-technical skills for rapid response systems and medical emergency teams. *Internal medicine journal*, 43(9), 962-969.
- Chan, P. S., Krumholz, H. M., Nichol, G., & Nallamothu, B. K. (2008). Delayed time to defibrillation after in-hospital cardiac arrest. *New England Journal of Medicine*, 358, 9-17.
- Chen, S., & Gamasutra, D.M. (2005). Proof of learning: Assessment in serious games. Available: [http://www.gamasutra.com/features/20051019/chen\\_01.shtml](http://www.gamasutra.com/features/20051019/chen_01.shtml)
- Chisholm, C., Collison, E., Nelson, D. & Cordell, M. (2000). Work interrupted: A comparison of workplace interruptions in emergency department and primary care offices. *Annals of Emergency Medicine*, 38(2), 146-150.
- Christoffersen, K., Hunter, C. N., & Vicente, K. J. (1998). A longitudinal study of the effects of ecological interface design on deep knowledge. *International Journal of Human-Computer Studies*, 48, 729-762
- Coffey, A., Atkinson, P. (1996). *Making Sense of Qualitative Data. Complementary Research Strategies*. Sage Publications Inc., Thousand Oaks, London, New Delhi.
- Cook, R. I., Woods, D. D., & Miller, C. (1998). *A tale of two stories: contrasting views of patient safety*. The Foundation.
- Cooke, N. J., & Gorman, J. C. (2006). Assessment of team cognition. In W. Karwowski (Ed.), *International encyclopedia of ergonomics and human factors* (2nd

- ed., pp. 270–275). London: Taylor & Francis.
- Cooke, N. J., Gorman, J. C., Duran, J. L., & Taylor, A. R. (2007). Team cognition in experienced command-and-control teams. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 13(3), 146-157
- Cooke, N.J., Gorman, J.C., Myers, C.W., & Duran, J.L. (2013). Interactive team cognition. *Cognitive Science*, 37, 255-285.
- Cooke, N. J., Gorman, J. C., & Winner, J. L. (2007). Team cognition. In F. Durso, R. Nickerson, S. Dumais, S. Lewandowsky, and T. Perfect (Eds.), *Handbook of Applied Cognition*, 2nd Edition. Wiley.
- Cooke, N. J., Kiekel, P. A., & Helm, E. E. (2001). Measuring team knowledge during skill acquisition of a complex task. *International Journal of Cognitive Ergonomics*, 5(3), 297–315.
- Cooke, N. J., Kiekel, P. A., Salas, E., Sout, R., Bowers, C., & Canon-Bowers, J. (2003). Measuring Team Knowledge: A Window to the Cognitive Underpinnings of Team Performance. *Group Dynamics: Theory, Research and Practice*, 7 (3), 179-199.
- Cooke, N. J., Salas, E., Cannon-Bowers, J. A., & Stout, R. (2000). Measuring team knowledge. *Human Factors*, 42(1), 151-173. doi: 10.1518/001872000779656561
- Cooke, N. J., & Shope, S. M. (2005). Synthetic task environments for teams: CERTT's UAV-STE. In N. Stanton, A. Hedge, K. Brookhuis, E. Salas, & H. Hendrick (Eds.), *Handbook of human factors and ergonomics methods* (pp. 46-41–46-46). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Crawford, E.R., & Lepine, J.A. (2012). A configural theory of team processes: A counting for the structure of taskwork and teamwork. *Academy of Management Review*, 38(1), 32-48.
- Cuschieri, A. (2006). Nature of human Error, Implications for Surgical Practice. *American Surgical Association Forum*, 244, 642-648.
- Dantas, A., & Seville, E. (2006). Organisational issues in implementing an information sharing framework: Lessons from the Matata flooding events in New Zealand. *Journal of Contingencies & Crisis Management*, 14, 38-52.

- DeChurch, L. A., & Mathieu, J. E. (2009). Thinking in terms of multiteam systems. Team effectiveness in complex organizations: Cross-disciplinary perspectives and approaches, 267-292.
- DeChurch, L. A., & Mesmer-Magnus, J. R. (2010). The cognitive underpinnings of effective teamwork: A Meta-Analysis. *Journal of Applied Psychology*, 95(1), 32-53
- DeFranco, J.F., Neill, C.J., & Clariana, R.B. (2011). A cognitive collaborative model to improve performance in engineering teams-A study of team outcomes and mental model sharing. *Systems Engineering*, 14(3), 267- 277.
- De Keyser, V., & Woods, D. D. (1990). Fixation errors: failures to revise situation assessment in dynamic and risky systems. In: A. G. Colombo and A. Saiz de Bustamante (Eds.), *System Reliability Assessment* (pp. 231–251). The Netherlands: Kluwer Academic.
- Devine, D. J. (2002). A Review and Integration of Classification Systems Relevant to Teams in Organizations. *Group Dynamics: Theory, Research, and Practice*, 6, 291-310.
- DeVita, M.A., Schaefer, J., Lutz, J., Wang, H., & Dongilli, T. (2005). Improving medical emergency team (MET) performance using a novel curriculum and a computerized human patient simulator. *Quality and Safety in Health Care*, 14, 326–331.
- DiFonzo, N., Hantula, D. A., & Bordia, P. (1998). Microworlds for experimental research: Having your (control and collection) cake, and realism too. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 30, 278–286
- Downe-Wamboldt, B. (1992). Content analysis: Method, applications, and issues. *Health Care for Women International*, 13 (3), 313-321, DOI: 10.1080/07399339209516006
- Driskell, J. E., & Salas, E. (1992). Collective behavior and team performance. *Human Factors*, 34, 277–288
- Driskell, J. E., Salas, E., & Johnston, J. (1999). Does stress lead to a loss of team perspective? *Group Dynamic*, 3, 291–302
- Dubé, G., Kramer, C., Tremblay, S., Breton, E., & Chiniara, G. (2011). Measuring teamwork in healthcare: The use of a high fidelity simulation. *Proceedings of the*

23<sup>rd</sup> Annual International Occupational Ergonomics and Safety Conference,  
Baltimore, MD

- Dubé, G., Tremblay, S., Banbury, S., & Rousseau, V. (2010). Team performance and adaptability in crisis management: A comparison of cross-functional and functional teams. Proceedings of the 54th annual meeting of the Human Factor and Ergonomics Society. Santa Monica, CA: Human Factor Society.
- Dyer, J. L. (1984). Team research and team training: A state of the art review. In F. A. Muckler (Ed.), *Human factors review* (pp.285–323). Santa Monica, CA: Human Factors Society.
- Edwards, W. (1962). Dynamic decision theory and probabilistic information processing. *Human Factors*, 4, 59–73
- Ehret, B. D., Gray, W. D., & Kirschenbaum, S. S. (2000). Contending with Complexity: Developing and Using a Scaled World in Applied Cognitive Research. *Human Factors*, 42(1), 8-23
- Eisenberg, E.M. (2008). The social construction of healthcare teams. In C.P. Nemeth (Ed.) *Improving Healthcare Team Communication: Building on Lessons from Aviation and Aerospace* (pp. 8-20). University of Chicago, USA: Ashgate
- Ekker, K., Gifford, G., Leik, S. A., & Leik, R. K. (1988). Using micro-computer game-simulation experiments to study family response to the Mt. St. Helens eruptions. *Social Science Computer Review*, 6, 90-105
- Eleftherios, I. & Christos, D. (2001). An information management system for the emergency management of hurricane disasters. *International Journal of Risk Assessment and Management*, 2, 243.
- Elliott, L. R., Dalrymple, M. A., Schiflett, S. G., & Miller, J. C. (2004). Scaling Scenarios: Development and application to C4ISR sustained operations research. In S.G. Schiflett, L.R. Elliott, E. Salas, & M.D. Covert (Eds.), *Scaled Worlds: Development, Validation, and Applications* (pp.119-134). Hampshire: Ashgate
- Ellis, A. P. J. (2006). System breakdown: The role of mental models and transactive memory in the relationship between acute stress and team performance. *Academia of Management Journal*, 49, 576–589
- Encinosa, W.E., & Hellinger, F.J. (2008). The Impact of medical errors on ninety-day

costs and outcomes: An examination of surgical patients published online. *Health Services Research*, 43(6), 2067–2085. Retrieved Sept 30 from: <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/120855828/HTMLSTART>. doi: 10.1111/j.1475-6773.2008.00882.x

- Endsley, M. R., & Jones, W. M. (2001). A model of inter and intrateam situation awareness: Implications for design, training and measurement. In M. McNeese, E. Salas, & M. R. Endsley (Eds.), *New trends in cooperative activities: Understanding system dynamics in complex environments* (Vol. VII, pp. 46-67). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Entin, E. E., & Serfaty, D. (1999). Adaptive team coordination. *Human Factors*, 41, 312-325.
- Espinosa, A., Lerch, J., & Kraut, R. (2004). Explicit vs implicit coordination mechanisms and task dependencies: One size does not fit all. In E. Salas, S. M. Fiore & J. A. Cannon-Bowers (Eds.), *Team cognition: Process and performance at the inter- and intraindividual level* (pp. 107-130). Washington, DC: American Psychological Association.
- Espinosa, J. A., Slaughter, S. A., Kraut, R. E., & Herbsleb, J. D. (2007). Team knowledge and coordination in geographically distributed software development. *Journal of Management Information Systems*, 24(1), 135–169.
- Essens, P. J. M. D., Vogelaar, L. W., Mylly, J. J. C., Blendell, C., Paris, C., Halpin, S. M., & Baranski, J. V. (2009). Team effectiveness in complex settings: A framework. In E. Salas, G. F. Goodwin & C.S. Burke (Eds.), *Team effectiveness in complex organizations: Cross-disciplinary perspectives and approaches* (pp.293-320). New York: Taylor & Francis Group.
- Falcone, R., Daugherty, M., Scheer, L., Patterson, M., Brown, R., & Garcia, V. (2008). Multidisciplinary pediatric trauma team training using high fidelity trauma simulation. *Journal of pediatric surgery*, 43(6), 1065-71. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2008.02.033
- Fan, X., Yen, J., & Volz, R. A. (2005). A theoretical framework on proactive information exchange in agent teamwork. *Artificial Intelligence*, 169, 23-97.

- Fanning, R.M., Goldhaber-Fiebert, S.N., Undani, A.D., & Gaba, D.M. (2013). Crisis Resources Management. In: A.I. Levine et al. (Eds.), *The Comprehensive Textbook of Healthcare Simulation* (pp. 95-109). Springer Science + Business Media, New York
- Fiore, S. M., Salas, E., & Cannon-Bowers, J. A. (2001). Group dynamics and shared mental model development. In M. London (Ed.), *How people evaluate others in organizations: Person perception and interpersonal judgment in industrial/organizational psychology* (pp. 309-336). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- FIRESCOPE California, Firefighting Resources of California Organized for Potential Emergencies: Past, Current and Future Directions, A Progress Report, California, October 1988.
- Fisher, D. M., Bell, S. T., Dierdorff, E. C., & Belohlav, J. A. (2012). Facet personality and surface-level diversity as team mental model antecedents: implications for implicit coordination. *Journal of Applied Psychology*, 97(4), 825.
- Fischer, U., McDonnell, L., & Orasanu, J. (2007). Linguistic correlates of team performance: toward a tool for monitoring team functioning during space missions. *Aviation, Space and Environment Medicine*, 78 (5) B86–B95.
- Foster-Hunt, T. (2009). Information Flow in Change of Shift Patient Handoffs in a Pediatric Intensive Care Unit. *Proceedings from International System Safety Conference 2008*. Vancouver, BC.
- Foushee, H. C. (1984). Dyads and triads at 35,000 feet: Factors affecting group process and aircrew performance. *American Psychologist*, 39, 885–893.
- Freeman, D. (2004). *Creating Emotion in Games*. New Riders Publishing, Indianapolis, IN.
- Frengley, R. W., Weller, J. M., Torrie, J., Dzendrowskyj, P., Yee, B., Paul, A. M., ... & Henderson, K. M. (2011). The effect of a simulation-based training intervention on the performance of established critical care unit teams\*. *Critical care medicine*, 39(12), 2605-2611.
- Frese, M., & Zapf, D. (1994). Action as the core of work psychology: A German approach. In M. D. Dunnette & L. M. Hough (Eds.), *Handbook of industrial and organizational psychology: (Vol. 4, 2nd ed., pp. 271-340)*. Palo Alto, CA:

Consulting Psychologists.

- Funke, J. (1991). Dealing with dynamic systems: Research strategy, diagnostic approach and experimental results. *German Journal of Psychology*, 16, 24-43
- Gaba, D. M. (2004). The future vision of simulation in health care. *Quality and Safety in Health Care*, 13(suppl 1), i2-i10.
- Gaba, D.M., & De Anda, A. (1989). The response of anaesthesia trainees to simulated critical incidents. *Anaesthesia Analg*, 68, 444–451.
- Gaba, D.M., Howard, S.K., Fish, K.J., Smith, B.E., & Sowb, Y.A. (2001). Simulation-based training in anesthesia crisis resource management (ACRM): a decade of experience. *Simulation and Gaming*, 32, 175–193
- Gagnon, J.-F., Jeuniaux, P., Dubé, G., & Tremblay, S. (2011). Dynamic cognitive task modeling of complexity discovery : A mix of process tracing and task analysis. *Proceedings of the 55th annual meeting of the Human Factor and Ergonomics Society*. Santa Monica, CA: Human Factor Society.
- Gallivan, M.J., & Keil, M. (2003). The user–developer communication process: A critical case study. *Information Systems Journal*, 13 (1), 37–68.
- Gawande, A.A., Zinner, M., Studdert, D.M., & Brennan, T.A. (2003). Analysis of errors reported by surgeons at three teaching hospitals. *Surgery*, 133(6), 614-621.
- Gee, J.P. (2006). Game-like learning: An example of situated learning and implications for opportunity to learn. *Academic Advance Distributed Learning*
- Gee, J.P., (2009). Deep learning properties of good digital games: How far can they go? In U. Ritterfield, M. Cody, & P. Vorderer (Eds). *Serious Games: Mechanisms and Effects* (pp. 67-82). Routledge, New York
- Gersick, C. J. G. (1988). Time and transition in work teams: Toward a new model of group development. *Academy of Management Journal*, 31(1), 9-41.
- Gibson, C. (2001). From knowledge accumulation to accommodation: Cycles of collective cognition in work groups. *Journal of Organizational Behavior*, 22, 121-134.
- Glass, G. V., Willson, V. L., & Gottman, J. M. (2008). *Design and Analysis of Time-Series Experiments*. Charlotte: Age Publications

- Gonzalez, C., Vanyukov, P., & Martin, M. K. (2005). The use of microworlds to study dynamic decision making. *Computers in Human Behavior*, 21, 273 – 28
- Goode, N., Salmon, P. M., & Lenné, M. G. (2013). Simulation-based driver and vehicle crew training: Applications, efficacy and future directions. *Applied ergonomics*, 44(3), 435-444.
- Goodman, P. S., Devadas, R., & Griffith Hughson, T. L. (1988). Groups and productivity: Analyzing the effectiveness of self-managing teams. In J. P. Campbell, R. J. Campbell, & Collaborators (Eds.), *Productivity in organizations: New perspectives from industrial and organizational psychology* (pp. 295-327). San Francisco: Jossey-Bass.
- Gorman, J. C. (2005). The concept of long memory in assessing the global effects of augmented team cognition. *Human Computer Interaction International*, July 22–27, Las Vegas, NV
- Gorman, J.C., Cooke, N.J., Amazeen, P.G., Fouse, S. (2011). Measuring patterns in team interaction sequences using a discrete recurrence approach. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. DOI: 10.1177/0018720811426140
- Gorman, J. C., Cooke, N. J., and Kiekel, P. A. (2004). Dynamical perspectives on team cognition. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 48<sup>th</sup> Annual Meeting*, Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Gorman, J.C., Cooke, N.J., & Winner, J.L. (2006). Measuring team situation awareness in decentralised command and control environments. *Ergonomics*, 49(12-13), 1312-1325. doi: 10.1080/00140130600612788
- Gorman, J.C., Hessler, E.E., Amazeen, P.G., Cooke, N.J., & Shope, S.M. (2010). Dynamical analysis in real time: Detecting perturbations to team communication. *Ergonomics*, 1-15, DOI:10.1080/00140139.2012.679317
- Gottman, J. M., Markman, H., & Notarius, C. (1977). The topography of marital conflict: A sequential analysis of verbal and nonverbal behavior. *Journal of Marriage and Family*, 39 (3), 461-477.
- Gottman, J. M., & Roy, A. K. (1990). *Sequential Analysis: A guide for behavioral researchers*. Cambridge University Press, Cambridge.

- Graesser, A., Chipman, P., Leeming, F., & Biedenbach, S. (2009). Deep learning and emotion in serious games. In U. Ritterfeld, M. Cody, and P. Vorderer, (Eds), *Serious Games: Mechanisms and Effects* (pp.83-102). Routledge, New York
- Graham, S. E., & Matthews, M.D. (1999). Infantry situation awareness. Papers from the 1998 Infantry Situation Awareness Workshop. Alexandria: US Army Research Institute.
- Graneheim, U. H., & Lundman, B. (2004). Qualitative content analysis in nursing research: Concepts, procedures and measures to achieve trustworthiness. *Nurse Education Today*, 24, 105-112. DOI:10.1016/j.nedt.2003.10.001
- Granlund, R. (1998). The C<sup>3</sup>Fire microworld. In Y. Waern (Ed.), *Co-operative Process Management: Cognition and Information Technology*, (pp. 91-103). PA: Taylor Francis
- Granlund, R. (2003). Monitoring experiences from command and control research with C<sup>3</sup>Fire microworld. *Cognitive Technical Work*, 5, 183-190. DOI 10.1007/s10111-003-0129-8
- Granlund, R., Johansson, B., & Persson, M. (2001). C<sup>3</sup>Fire: a microworld for collaboration training in the ROLF environment. *Proceedings of SIMS 2001, the 42nd Conference on Simulation and Modelling, Simulation in Theory and Practice*, Porsgrunn, Norway, 8–9 October
- Granlund, R., Johansson, B., Trnka, J., & Granlund, H. (2009). Investigating the impact of a geographical information system in a municipality crisis management organization. *Proceedings of NDM9, the 9th International Conference on Naturalistic Decision Making* London, UK
- Gray, W. D. (2002). Simulated task environments: The role of high-fidelity simulations, scaled worlds, synthetic environments, and laboratory tasks in basic and applied cognitive research. *Cognitive Science Quarterly*, 2, 205-227
- Greitzer, F.L., Kuchar, O.A., & Huston, K. (2007). Cognitive science implications for enhancing training effectiveness in a serious gaming context. *Journal of Education Resources in Computing*, 7(3)
- Grogan, E. L., Stiles, R. A., France, D. J., Speroff, T., Morris Jr, J. A., Nixon, B., & Pinson, C. W. (2004). The impact of aviation-based teamwork training on the

- attitudes of health-care professionals. *Journal of the American College of Surgeons*, 199(6), 843-848.
- Grote, G., Helmreich, R., L., Sträter, O., Häusler, R., Zala-Mezö, E., & Sexton, B. (2004). Setting the stage: characteristics of organizations, teams and tasks influencing team processes. In R. Dietrich & T.M. Childress (Eds.) *Group interaction in high risk environments*. Aldershot: Ashgate
- 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.
- Guastello, S. J., Bock, B. R., Caldwell, P., & Bond, R. W. (2005). Origins of group coordination: Nonlinear dynamics and the role of verbalization. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, 9, 175–207
- Guastello, S. J., & Guastello, D. D. (1998). Origins of coordination and team effectiveness: A perspective from game theory and nonlinear dynamics. *Journal of Applied Psychology*, 83, 423–437
- Gutwin, C, & Greenberg, S. (2004). The importance of awareness for team cognition in distributed collaboration. In E. Salas & S. M. Fiore (Eds.), *Team Cognition: Understanding the Factors that Drive Process and Performance* (pp. 177-202), Washington, DC: American Psychological Association.
- Hacker, W. (2003). Action regulation theory: a practical tool for the design of modern work processes?. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 12(2), 105-130.
- Hazinski, M. F., Cummins, R. O., & Field, J. M. (2002). *Handbook of Emergency Cardiovascular Care for Healthcare Providers*. Dallas, TX: American Heart Association.
- Hazlehurst, B., McMullen, C.K., & Gorman, N. (2007). Distributed cognition in the heart room: how situation awareness arises from coordinated communications during cardiac surgery. *Journal of Biomedical Informatic*, 40, 539–551.
- Healey, A.N., Undre, S., & Vincent, C.A. (2004). Developing observational measures of performance in surgical teams. *Quality and Safety in Health Care*, 13(suppl 1),

i33-40.

- Hendrie, J., Sammartino, L., Silvapulle, M. J. and Braitberg, G. (2007). Experience in adverse events detection in an emergency department: Nature of events. *Emergency Medicine Australasia*, 19(1), 9– 15. doi: 10.1111/j.1742-6723.2006.00897.x
- Hicks, C.M., Bandiera, G.W., Denny, C.J. (2008). Building a simulation-based crisis resource management course for emergency medicine, phase 1: Results from an interdisciplinary needs assessment survey. *Academia of Emergency Medicine*, 15, 1136–1143.
- Hoegl, M., & Gemuenden, H. G. (2001). Teamwork quality and the success of innovative projects: A theoretical concept and empirical evidence. *Organization Science*, 12(4), 435-449. doi: 10.1287/orsc.12.4.435.10635
- Holsti, O. R. (1969). *Content analysis for the social sciences and humanities*. Reading, MA: Addison-Wesley
- Howell, D.C. (1997). *Statistical Methods for psychology*, Fourth edition. Thomson Publishig Inc
- Hsu, J.S.-C., Shih, S.-P., Chiang, J.C., & Liu, J.Y.-C. (2012). The impact of transactive memory systems on IS development teams' coordination, communication, and performance. *International Journal of Project Management*, 30, 329-340.
- Hunziker, S., Johansson, A.C., Tschan, F., Semmer, N.K., Rock, L., Howell, M.D., Marsch, S. (2011). Teamwork and leadership in cardiopulmonary resuscitation. *Journal of the American College of Cardiology*, 57(24), 2381- 2388
- Hunziker, S., Tschan, F., Semmer, N. K., Zobrist, R., Spsychiger, M., Breuer, M., Hunziker, P. R., & Marsch, S. C. (2009). Hands-on time during cardiopulmonary resuscitation is affected by the process of teambuilding: A prospective randomised simulator-based trial. *BMC Emergency Medicine*, 9 (3).
- Hunt, E. A., Shilkofski, N. A., Stavroudis, T. A., & Nelson, K. L. (2007). Simulation: translation to improved team performance. *Anesthesiology clinics*, 25(2), 301-319.
- Hutinski, Ž., Vrček, N., & Bubaš, G. (2001). Communication in complex information system development projects. *Proceedings of the 2001 Informing Science Conference*, pp. 268–273.
- Ilachinski, A. (1996). *Land Warfare and Complexity, Part I: Mathematical Background*

- and Technical Sourcebook. Center for Naval Analyses, Alexandria, Virginia.
- Ilgen, D. R., Hollenbeck, J. R., Johnson, M., & Jundt, D. (2005). Teams in organizations: From input-process-output models to IMO models. *Annual Review of Psychology*, 56, 517–543.
- Ioerger, T. R. (2003). Litterature Review: Modeling Teamwork as Part of Human Behavior Representation: Texas A&M University.
- Issenberg, S. B., McGaghie, W. C., Petrusa, E. R., Lee Gordon, D., & Scalese, R. J. (2005). Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: A BEME systematic review. *Medicine Teacher*, 27, 10-28.
- Jain, S., & McLean, C. (2003). A Framework for Modeling and Simulation for Emergency Response. *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference* (pp.1068-1076). S. Chick, P. J. Sánchez, D. Ferrin, and D. J. Morrice.
- Jervis, R. (1998). *System Effects: Complexity in Political and Social Life*. Princeton: Princeton University Press
- Johansson, B., Persson, M., Granlund, R., & Mattsson, P. (2003). C<sup>3</sup>Fire in command and control research. *Cognition, Technology & Work*, 5(3), 191-196
- Jobidon, M.-E., Tremblay, S., Lafond, D., & Breton, R. (2006). The role of cognition in team functioning: A matter of information sharing and coordination among team members. In N. Payette & B. Hardy-Vallée (Eds.) *Beyond the Brain: Embodied, Situated and Distributed Cognition*. *Proceedings of Cognition 2006: Young researcher conference on cognitive science* (pp.22-33). Montréal, Qc
- Jones, R. E. T. (2006). *The Development of an Emergency Crisis Management Simulation to Assess the Impact a Fuzzy Cognitive Map Decision-Aid Has on Team Cognition and Team Decision Making*. Thèse de doctorat inédite. The Pennsylvania State University. Pennsylvania, United-States.
- Jones, P., & Nemeth, C. (2005). Cognitive Artifacts in Complex Work. *Ambient Intelligence for Scientific Discovery*, 3345, 152-183. doi: 10.1007/978-3-540-32263-4\_8
- Kanki, B. G., & Foushee, C. H. (1989). Communication as group process mediator of aircrew performance. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 60, 402-410.
- Kanki, B. G., Lozito, S., & Foushee, H. C. (1989). Communication indices of crew

- coordination. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 60, 56-60.
- Kaplan, Abraham, & Goldsen, J. M. (1965). The reliability of content analysis categories. In Harold D. Lasswell; Nathan Leites; & Associates (Eds.), *Language of politics: Studies in quantitative semantics* (pp. 83– 112). Cambridge: MIT Press.
- Keane, M. (2005). "C2." *Dictionary of Modern Strategy and Tactics*. US Naval Institute Press
- Keefe, F. J., Wilkins, R. H., & Cook, W. A. (1984). Direct observation of pain behavior in low back pain patients during physical examination. *Pain*, 20 (1), 59-68.
- Keenan, G. M., R. Cooke, and S. L. Hillis. 1998. "Norms and Nurse Management of Conflicts: Keys to Understanding Nurse–Physician Collaboration." *Research in Nursing and Health* 21: 59–72.
- Kerne, A., & Smith, S. (2004). The Information Discovery Framework. *Proceedings of the 5th conference on Designing Interactive Systems*, 357-360.
- Keyton, J., Ford, D.J., & Smith, F.L. (2012). Communication, collaboration, and identification as facilitators and constraints of multiteam systems. In S.J. Zaccaro, M.A. Marks, & L.A. DeChruch (Eds.), *Multiteam Systems. An Organization Form for Dynamic and Complex Environements* (pp. 173-190). Routledge, New York, NY
- Kiekel, P.A., Cooke, N.J., Foltz, P.W., Gorman, J.C., & Martin, M.J. (2002). Some promising results of communication-based automatic measures of team cognition. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 46th Annual Meeting*, 298-302. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Kiekel, P. A., Cooke, N. J., Foltz, P. W., & Shope, S. M. (2001). Automating Measurement of Team Cognition through. In M. J. Smith & G. Salvendy (Eds.) *Usability evaluation and interface design* (pp. 1382-1386). Erlbaum.
- Kim, J., Neilipovitz, D., Cardinal, P., Chiu, M., & Clinch, J. (2006). A pilot study using high-fidelity simulation to formally evaluate performance in the resuscitation of critically ill patients: The University of Ottawa Critical Care Medicine, High-Fidelity Simulation, and Crisis Resource Management I Study. *Critical Care Medicine*, 34(8), 2167-2174. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16775567>, doi:

10.1097/01.CCM.0000229877.45125.CC

- Klein, G., Ross, K. G., Moon, B. M., Klein, D. E., Hoffman, R. R., & Hollnagel, E. (2003). Macrocognition. *IEEE Intelligent Systems*, 18(3), 81-85.
- Klimoski, R. J., & Mohammed, S. (1994). Team mental model: Construct or metaphor. *Journal of Management*, 20(2), 403–437.
- Knapp, M., Hall, J., & Horgan, T. (2013). *Nonverbal communication in human interaction*. Cengage Learning.
- Knox, G. E., and K. R. Simpson. 2004. “Teamwork: The Fundamental Building Block of High-Reliability Organizations and Patient Safety.” In *Patient Safety Handbook*, edited by B. J. Youngberg and M. J. Hatlie, pp. 379–415. Boston: Jones and Bartlett.
- Kohn L. T., Corrigan J. M. & Donaldson, M. S. (2000). *To err is human: Building a safer health system*. Washington, DC: National Academy Press.
- Kozlowski, S. W. J., Gully, S., Nason, E., & Smith, E. (1999). Developing adaptive teams: A theory of compilation and performance across levels and time. In D. R. Ilgen & E. D. Pulakos (Eds.), *The changing nature of work performance: Implications for staffing, personnel actions, and development* (pp. 240 –292). San Francisco: Jossey-Bass.
- Krackhardt, D. (1992). The strength of strong ties: the importance of philos in organizations. In: Nohria, N., Eccles, R. (Eds.), *Networks and Organizations: Structure, Form, and Action*. Harvard Business School Press (pp. 216–239), Cambridge, MA.
- Kraut, R.E., & Streeter, L.A. (1995). Coordination in software development. *Communications of the ACM*, 38 (3), 69–81.
- Krippendorff, K. (2013). *Content Analysis: An Introduction to its Methodology*, Third Edition. Sage
- Krippendorff, K. (1980). *Content analysis: An introduction to its methodology*. Beverly Hills, CA: Sage
- Kunzle, B., Xiao, Y., Miller, A.M., & Mackenzie, C. (2010). Survey of Healthcare Teamwork Rating Tools: Reliability, Validity, Ease of Use and Diagnostic Efficacy. In E. S. Patterson & J. E. Miller (Eds.), *Macrocognition Metrics and Scenarios*:

- Design and Evaluation for Real-World Teams. (pp. 123-135). Farnham, En: Ashgate.
- Lafond, D., Jobidon, M.-E., Aubé, C., & Tremblay, S. (2011). Evidence of structure-specific teamwork requirements and implications for team design. *Small Group Research*, 42, 507-535.
- Lafond, D., Tremblay, S., Dubé, G., Rousseau, R., & Breton, R., (2010). A method and tool for estimating the costs/benefits of a teamwork in different C2 structures. Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Command and Control Technology Symposium, Santa Monica
- Lagadec, P. (2007). Crisis management in the twenty-first century: « Unthinkable» events in «inconceivable» contexts. In H. Rodriguez, E.L. Quarantelli, & R.R. Dynes (Eds.), *Handbook of Disaster Research*. New York : Springer
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159–174. doi: 10.1148/radiol.2282011860
- Lau, D. C., & Murnighan, J. K. (2005). Interactions within groups and subgroups: The effects of demographic faultlines. *Academy of Management Journal*, 48(4), 645-659.
- Leape, L.L. & Berwick, D.M. (2005). Five years after to err is human: what have we learned? *JAMA*, 293(19), 2384-2390, doi: 10.1001/jama.293.19.2384
- Leggat, S. G. (2007). Effective healthcare teams require effective team members: defining teamwork competencies. *BMC health services research*, 7(17), 10. doi: 10.1186/1472-6963-7-17
- Leonard, M., Graham, S., & Bonacum, D. (2004) The human factor: the critical importance of effective teamwork and communication in providing safe care. *Quality and Safety in Health Care*, 13, i85–i90
- Leplat, J. (1991). Organization of activity in collective tasks. In J. Ramussen, B. Brehmer & J. Leplat (Eds.), *Distributed Decision Making: Cognitive Models For Cooperative Work* (pp.51-73). Chichester: Wiley and Sons.
- Levesque, L. L., Wilson, J. M., & Wholey, D. R. 2001. Cognitive divergence and shared mental models in software development project teams. **Journal of Organizational Behavior**, 22: 135–144.

- Lewis, K. (2003). Measuring transactive memory systems in the field: scale development and validation. *Journal of Applied Psychology*, 88(4), 587.
- Lim, B. C., & Klein, K. J. (2006). Team mental models and team performance: a field study of the effects of team mental model similarity and accuracy. *Journal of Organizational Behavior*, 27(4), 403-418.
- Lindgren, I., & Smith, K. (2006). National patterns of teamwork during an emergency management simulation. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 50, 354-357. DOI: 10.1177/154193120605000330
- Lipshitz, R., & Marmor-Pilowsky, S. (2004). Using scale worlds to track changes in mental models during the acquisition of skill on a complex decision-making task. In S.G. Schiflett, L.R. Elliott, E. Salas, & M.D. Covert (Eds.), *Scaled Worlds: Development, Validation, and Applications* (pp.49-67). Hampshire: Ashgate
- Lu, Y., Xiang, C., Wang, B., & Wang, X. (2011). What affects information systems development team performance? An exploratory study from the perspective of combined socio-technical theory and coordination theory. *Computers in Human Behavior*, 27, 811-822.
- MacMillan, J., Entin, E. E., & Serfaty, D. (2004). Communication Overhead: The Hidden Cost of Team Cognition. In E. Salas, & S. M. Fiore (Eds.), *Team Cognition: Understanding the Factors that Drive Process and Performance* (pp. 61D82). Washington, DC: APA.
- Malone, T. W., & Crowston, K. (1994). The Interdisciplinary Study of Coordination. *Computing Surveys*, 26 (1), 87-119.
- Mancuso, V. F., Minoira, D., Giacobe, N., McNeese, M., & Tyworth, M. (2012, March). idsNETS: An experimental platform to study situation awareness for intrusion detection analysts. In *Cognitive Methods in Situation Awareness and Decision Support (CogSIMA)*, 2012 IEEE International Multi-Disciplinary Conference on (pp. 73-79). IEEE.
- Manser, T., Dieckmann, P., Wehner, T., & Rall, M. (2007). Comparison of anaesthetists' activity patterns in the operating room and during simulation. *Ergonomics*, 50, 246-260.

- Manser, T., Harrison, T. K., Gaba, D. M., & Howard, S. K. (2009). Coordination Patterns Related to High Clinical Performance in a Simulated Anesthetic Crisis. *International Anesthesia Research Society*, 108 (5), 1606-1615.
- Marks, M. A., Mathieu, J. E., & Zaccaro, S. J. (2001). A Temporally Based Framework and Taxonomy of Team Processes. *Academy of Management Review*, 26(3), 356D376.
- Marks, M. A., & Panzer, F. J. (2004). The influence of team monitoring on team processes and performance. *Human Performance*, 17, 25-41.
- Marks, M. A., Sabella, M. J., Burke, C. S., & Zaccaro, S. J. (2002). The impact of cross-training on team effectiveness. *Journal of Applied Psychology*, 87, 3–13. doi:10.1037/0021-9010.87.1.3
- Marks, M. A., Zaccaro, S. J., & Mathieu, J. E. (2000). Performance implications of leader briefings and team-interaction training for team adaptation to novel environments. *Journal of Applied Psychology*, 85, 971–986.
- Marsch, S.C.U., Müller, C., Marquardt, K., Conrad, G., Tschan, F., & Hunziker, P.R. (2004). Human factors affect the quality of cardiopulmonary resuscitation in simulated cardiac arrests. *Resuscitation*, 60, 51-56.
- Martin, E., Lyon, D. R., & Schreiber, B. T. (1998). Designing synthetic tasks for human factors research: An application to uninhabited air vehicles. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 42nd Annual Meeting*, (pp. 123-127). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Mathieu, J. E., Heffner, T. S., Goodwin, G. F., Salas, E., & Cannon-Bowers, J. A. (2000). The influence of shared mental models on team process and performance. *Journal of Applied Psychology*, 85, 273–283. doi:10.1037/0021-9010.85.2.273
- Mathieu, J. E., Marks, M. A., & Zaccaro, S. J. (2001). Multi-team systems. *International handbook of work and organizational psychology*, 2, 289-313.
- Maxson, P. M., Dozois, E. J., Holubar, S. D., Wroblewski, D. M., Dube, J. A. O., Klipfel, J. M., & Arnold, J. J. (2011, January). Enhancing nurse and physician collaboration in clinical decision making through high-fidelity interdisciplinary simulation training. In *Mayo Clinic Proceedings* (Vol. 86, No. 1, pp. 31-36). Elsevier.

- McComas, J.J., Moore, T., Dahl, N., Hartmans, E., Hoch, J., & Symons, F. (2009). Calculating Coningencies in Natural Environements: Issues in the Application of Sequential Analysis. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 2, 413-423.
- McCulloch, P., Rathbone, J., & Catchpole, K. (2011). Interventions to improve teamwork and communications among healthcare staff.
- McDonough, E. F., Kahn, K. B., & Barczaka, G. (2001). An investigation of the use of global, virtual, and colocated new product development teams. *Journal of Product Innovation Management*, 18(2), 110-120.
- Mcgrath, J. E. (1984). *Groups: Interaction and Performance*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- McIntyre, M., & Flemming, S. (2001). Netcentric Warfare for Dynamic Coalitions: Implications for Secure Interoperability. Paper presented at the RTO IST Symposium on "Information Management Challenges in Achieving Coalition Interoperability", Quebec, Canada.
- McIntyre, R., & Salas, E. (1995). Team performance in complex environments: What we have learned so far. In R. Guzzo & E. Salas (Eds.), *Team effectiveness and decision-making in organizations* (pp.9-45). San Francisco: Jossey-Bass.
- McNeese, M. D., Bains, P., Brewer, I., Brown, C., Connors, E. S., Jefferson, T., ... & Terrell, I. (2005, September). The NeoCITIES simulation: Understanding the design and experimental methodology used to develop a team emergency management simulation. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 49, No. 3, pp. 591-594). SAGE Publications.
- McNeese, M. D., Mancuso, V., McNeese, N., Endsley, T., & Forster, P. (2013, May). Using the living laboratory framework as a basis for understanding next-generation analyst work. In *SPIE Defense, Security, and Sensing* (pp. 87580F-87580F). International Society for Optics and Photonics.
- Merién, A. E. R., Van de Ven, J., Mol, B. W., Houterman, S., & Oei, S. G. (2010). Multidisciplinary team training in a simulation setting for acute obstetric emergencies: a systematic review. *Obstetrics & Gynecology*, 115(5), 1021-1031.

- Militello, L. G., Patterson, E. S., Bowman, L., & Wears, R. (2007). Information Flow during Crisis Management: Challenges to Coordination in the Emergency Operations Center. *Cognition, Technology and Work*, 9, 25-31.
- Miller, K. K., Riley, W., Davis, S., & Hansen, H. E. (2008). In situ simulation: a method of experiential learning to promote safety and team behavior. *The Journal of perinatal & neonatal nursing*, 22(2), 105-113.
- Mishra, J.L., Allen, D.K., & Pearman, A.D. (2011). Activity theory as a methodological and analytical framework for information practices in emergency management. *Proceedings of the International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM)*, Lisbon, Portugal
- Mohammed, S., Ferzandi, L., & Hamilton, K. (2010). Metaphor no more: A 15-year review of the team mental model construct. *Journal of Management*, 36, 876–910. doi:10.1177/0149206309356804
- Moorthy, K., Munz, Y., Adams, S., Pandey, V., & Darzi, A. (2005). A human factors analysis of technical and team skills among surgical trainees during procedural simulations in a Simulated Operating Theater (SOT). *Annals of Surgery*, 242(5), 631-639.
- Moorthy, K., Munz, Y., Forrest, D., Pandey, V., Undre, S., Vincent, C.A., & Darzi, A., (2006). Surgical crisis management skills training and assessment. A simulation-based approach to enhancing operating room performance. *Annals of Surgery*, 244(1), 139-147.
- Morgan, B.B., Glickman, A.S., Woodward, E.A. Blaiwes, Salas, E. (1986). Measurement of team behaviors in a Navy training environment. Report No TR-86-0140. Norfolk: Old Dominion University, Center for Applied Psychological Studies
- Morin, M. (2008). Concepts de base en sécurité civile. Direction générale de la sécurité civile et de la sécurité incendie, Québec.
- Muller, M. P., Hansel, M., Fichtner, A., Hardt, F., Weber, S., Kirschbaum, C., Rüder, S., Walcher, F., Koch, & T., Eich, C. (2009). Excellence in performance and stress reduction during two different full scale simulator training courses: a pilot study. *Resuscitation*, 80, 919–924.

- Müller, R., & Turner, J.R. (2005). The impact of principal–agent relationship and contract type on communication between project owner and manager. *International Journal of Project Management*, 23 (5), 398–403.
- Mutchner, L. (2007). The ABCs of CPR—again. *American Journal of Nursing*, 107 (1), 60–69, doi:10.1097/00000446-200701000-00024.
- Naikar, N., Pearce, B., Drumm, D., & Sanderson, P. (2003). Designing teams for first-of-a-kind, complex systems using the initial phases of cognitive work analysis: case study. *Human factors*, 45(2), 202–217
- Nemeth, C. P. (2008). The context for improving healthcare team communication. In C.P. Nemeth (Ed.) *Improving Healthcare Team Communication: Building on Lessons from Aviation and Aerospace* (pp. 1-7). University of Chicago, USA: Ashgate
- Norman, D. A. (1981). Categorization of action slips. *Psychological review*, 88(1), 1.
- Norman, D.A. (1993). *Things that make us smart*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action (pp. 1-18). Springer US.
- O’Byrne, W.T., Weavind, L., & Selby, J. (2008). The science and economics of improving clinical communication. *Anesthesiology Clinic*, 26, 729–744
- Office of Emergency Services (2007) *Firescope: Field Operations Guide*. Incident Command System Publication 420-1.
- Omodei, M. M., & Wearing, A. J. (1995). The Fire Chief microworld generating program: An illustration of computer-simulated micro- worlds as an experimental paradigm for studying complex decision- making behavior. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 27, 303-316
- Oranasu, J. (1990). Shared mental models and crew decision making. Paper presented at the 12th Annual Conference of the Cognitive Science Society, (Cognitive Science Society, Cambridge).
- Orasanu, J. M. (1993). Decision making in the cockpit. In E. Wiener, B. Kanki, & R. Helmreich (Eds.), *Cockpit resource management* (pp. 137-172). San Diego, CA: Academic Press.

- Orasanu, J. (1994). Shared problem models and flight crew performance. In: N. Johnston, N. McDonald, & R. Fuller (Eds). *Aviation psychology in practice* (pp 255–285). Ashgate, Aldershot
- Orasanu, J. M., & Fischer, U. (1992). Team cognition in the cockpit: Linguistic control of shared problem solving. In *Proceedings of the 14th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 189-194). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Ottestad, E., Boulet, J., Lighthall, G. (2007). Evaluating the management of septic shock using patient simulation. *Critical Care Medicine*, 35(3), 769–775. doi: 10.1097/01.CCM.0000256849.75799.20
- Parker, J., & Coiera, E. (2000). Improving clinical communication. *Journal of American Medicine Inf Association*, 7(5), 453–461
- Parush, A., Kramer, C., Foster-Hunt, T., Momtahan, K., Hunter, A., & Sohmer, B. (2011). Communication and team situation awareness in the OR: implications for augmentative information display. *Journal of Biomedicine Information*, 44(3), 477–485. doi:10.1016/j.jbi.2010.04.002
- Patrashkova-Volzdoska, R. R., McComb, S. A., Green, S. G., & Compton, W. D. (2003). Examining a curvilinear relationship between communication frequency and team performance in cross-functional project teams. *Engineering Management, IEEE Transactions on*, 50(3), 262-269.
- Patton, Q. M. (1987). *How to use Qualitative Methods in Evaluation*. Sage Publications Inc., Newsbury Park, London, New Dehli.
- Pawlikowska, T., Zhang, W., Griffiths, F., van Dalen, J., & van der Vleuten, C. (2012). Verbal and non-verbal behavior of doctors and patients in primary care consultations—How this relates to patient enablement. *Patient education and counseling*, 86(1), 70-76.
- Peebles, E., Subbe, C.P., Hughes, P., & Gemmell, L. (2012). Timing and teamwork-An observational pilot study of patients referred to a rapid response team with the aim of identifying factors amenable to re-design of a rapid response system. *Resuscitation*, 83, 782-787
- Piaget, J. (1976). *Piaget's theory* (pp. 11-23). Springer Berlin Heidelberg.

- Pittman, J., Turner, B., & Gabbott, D.A. (2001). Communication between members of the cardiac arrest team – a postal survey. *Resuscitation*, 49, 175-177.
- Polit, D. F., Hungler, B. P. (1991). *Nursing research. Principles and methods*, fourth ed. J.B. Lippincott Company, Philadelphia, New York, Hagerstown.
- Porter, C. O. L. H., Hollenbeck, J. R., Ilgen, D. R., Ellis, A. P. J., West, B. J., & Moon, H. (2003). Backing up behaviors in teams: The role of personality and legitimacy of need. *Journal of Applied Psychology* 88, 391-403.
- Price, J., Miller, D., Entin, E., & Rubineau, B. (2001). Collaborative planning and coordinated team performance. Paper presented at the 6th International Command and Control Research and Technology Symposium, Annapolis, MD.
- Priest, H. A., Burke, C. S., Munim, D., & Salas, E. (2002). Understanding team adaptability: Initial theoretical and practical considerations. *Proceedings of the 46<sup>th</sup> annual meeting of the Human Factors and Ergonomics Society* (pp. 561-565). Santa Monica: Human Factor Society.
- Prince, A., Brannick, M. T., Prince, C., & Salas, E. (1997). The measurement of team process behaviors in the cockpit: Lessons learned. In M. T. Brannick, E. Salas, & C. Prince (Eds.), *Team performance assessment and measurement: Theory, methods, and applications* (pp. 289-310). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Pulakos, E. D., Arad, S., Donovan, M. A., & Plamondon, K. E. (2000). Adaptability in the workplace: Development of a taxonomy of adaptive performance. *Journal of Applied Psychology*, 85, 612-624.
- Quera, V., & Bakeman, R. (2000). Quantification strategies in behavioral observation research. In T. Thompson & D. Felce (Eds.), *Behavioral observation: Technology and application in developmental disabilities* (pp. 297-315). Baltimore: Brookes.
- Ramenzoni, V. C., Davis, T. J., Riley, M. A., Shockley, K., & Baker, A. A. (2011). Joint action in a cooperative precision task: nested processes of intrapersonal and interpersonal coordination. *Experimental brain research*, 211(3-4), 447-457.
- Ramey, H. L., Tarulli, D., Frijters, J. C., & Fisher, L. (2009). A sequential analysis of externalizing in narrative therapy with children. *Contemporary Family Therapy*, 31, 262-279.

- Rasmussen, J., Pejtersen, A. M., & Goodstein, L. P. (1994). *Cognitive systems engineering*. John Wiley & Sons, Inc.
- Rasmussen, J., Pejtersen, A. M., & Schmidt, K. (1990). *Taxonomy for cognitive work analysis*. Roskilde: Risø National Laboratory.
- Raybourn, E.M. (2006). *Simulation experience design methods for training the forces to think adaptively*. Proceedings of the Interservice/ Industry Training, Simulation and Education Conference, Orlando, FL
- Raybourn, E.M., & Bos, N. (2005). *Design and evaluation challenges of serious games*. Proceedings of the Special Interest Groups, Portland, OR
- Reader, T. W., Flin, R. H., Mearns, K., & Cuthbertson, B. H. (2009). Developing a team performance framework for the intensive care unit. *Critical care medicine*, 37(5), 1787-93. doi: 10.1097/CCM.0b013e31819f0451
- Reader, T., Flin, R., & Cuthbertson, B. (2007). Communication skills and error in the intensive care unit. *Current opinion in critical care*, 13(6), 732-6. doi: 10.1097/MCC.0b013e3282f1bb0e
- Reader, T., Flin, R., & Cuthbertson, B. (2008). *Factors Affecting Team Communication in the Intensive Care Unit (ICU)*. In C. P. Nemeth (Ed.), *Improving Healthcare Team Communication: Building on Lessons from Aviation and Aerospace* (pp. 117-133). University of Chicago, USA: Ashgate.
- Reddy, M.C., & Spence, P.R. (2008). Collaborative information seeking: a field study of a multidisciplinary patient care system. *Information Process Management*, 44, 244–255.
- Rico, R., Sánchez-Manzanares, M., Gil, F., & Gibson, C. (2008). Team implicit coordination processes: a team knowledge-based approach. *Academy of Management Review*, 33 (1), 163–184.
- Roberts, N.K., Williams, R.G., Schwind, C.J., Sutyak, J.A., McDowell, C., Griffen, D., et al. (2014). The impact of brief team communication, leadership and team behaviour training on ad hoc team performance in trauma care settings. *The American Journal of Surgery*, 207, 170-178.

- Rodehorst, T. K., Wilhelm, S. L., & Jensen, L. (2005). Use of interdisciplinary simulation to understand perceptions of team members' roles. *Journal of Professional Nursing*, 21(3), 159-166.
- Roman, P.A., & Brown, D. (2008). Games-Just how serious are they? Proceedings of Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference, Orlando, FL
- Rosenthal, U., Boin, A., & Comfort, L.K. (2001). *Managing Crisis : Threats, Dilemmas, Opportunities*. Charles C Thomas Pub
- Ross-Flanigan, N. (1998). The Virtues (and Vices) of Virtual Colleagues. *Technology Review*, 101(2), 52-59.
- Rouse, W. B., Cannon-Bowers, J. A., & Salas, E. (1992). The role of mental models in team performance in complex systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, & Cybernetics*, 22, 1296–1308. doi:10.1109/ 21.199457
- Rousseau, V., Aubé, C., & Savoie, A. (2006). Teamwork Behaviors: A Review and an Integration of Frameworks. *Small Group Research*, 37(5), 540-570.
- Rowley, D.D. (2005). The fires that created an incident management system. <http://www.uninets.net/~dsrowley/The%20Fires%20that%20Created%20an%20IMS.pdf>
- Salas, E., Cooke, N. J., & Rosen, M. A. (2008). On teams, teamwork, and team performance: Discoveries and developments. *Human factors*, 50(3), 540 – 547
- Salas, E., & Fiore, S. M. (2004). *Team Cognition: Understanding the Factors that Drive Process and Performance*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Salas, E., Nichols, D.R., & Driskell, J.E. (2007). Testing three team training strategies in intact teams: A meta-analysis. *Small Group Research*, 38, 471-488.
- Salas, E., Sims, D. E., & Burke, C. S. (2005). Is there a "big five" in teamwork? *Small Group Research*, 36 (5), 555-599.
- Salas, E., Stagl, K.C., Burke, C.S., & Goodwin, G.F. (2004). Fostering team effectiveness in organizations: Toward an integrative theoretical framework of team performance. In W. Spaulding, & J. Flowers (Eds.), *Modelling complex systems: Motivation, cognition, and social processes*. Lincoln, England: University of Nebraska Press.

- Sandahl, C., Gustafsson, H., Wallin, C. J., Meurling, L., Øvretveit, J., Brommels, M., & Hansson, J. (2013). Simulation team training for improved teamwork in an intensive care unit. *International journal of health care quality assurance*, 26(2), 174-188.
- Sartori, J. A., Waldherr, S., & Adams, B. D. (2006). *Team Modelling: Literature Review*. Technical Report. Humansystems® Incorporated .Defence R&D Canada, Toronto.
- Scholtens, A. (2008). Controlled collaboration in disaster and crisis management in the Netherlands, history and practice of an overestimated and underestimated concept. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 16(4), 195-207.
- Serfaty, D., Entin, E. E., & Volpe, C. (1993). Adaptation to stress in team decision-making and coordination. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 37th Annual Meeting* (pp. 1228–1232). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Sivasubramaniam, N., Liebowitz, S.J., Lackman, C.L. (2012). Determinants of new product development team performance: A meta-analytic review. *Journal of Product Innovative Management*, 29(5), 803-830.
- Skubch, H., Wagner, M., Reichle, R., Triller, S., & Geihs, K. (2010). Towards a comprehensive teamwork model for highly dynamic domains. *Proceedings of the 2nd International Conference on Agents and Artificial Intelligence*
- St.Pierre, M. S., Hofinger, G., Buerschaper, C., & Simon, R. (2011). *Crisis management in acute care settings*. Berlin: Springer.
- Stallings, R. A. (2007). Methodological issues. In H. Rodriguez, E. L. Quarantelli, & R. R. Dynes (Eds.), *Handbook of Disaster Research* (pp. )New York : Springer
- Stammers, R. B., & Hallam, J. (1985). Task allocation and the balancing of task demands in the multi-man-machine system-some case studies. *Applied Ergonomics*, 16, 251-257.
- Standifer, R. L. (2012). The Emergence of Temporal Coordination Within Multiteam Systems. *Multiteam Systems: An Organization Form for Dynamic and Complex Environments*, 395.

- Stanton, N. A., Baber, C., Walker, G. H., Houghton, R. J., McMaster, R., Stewart, R., et al. (2008). Development of a Generic Activities Model of Command and Control. *Cognition, Technology & Work*, 10, 209-220.
- Stapleton, A.J. (2004). *SeriousGames: SeriousOpportunities*. Paper presented at the Australian Game Developers' Conference, Academic Summit, Melbourne, VIC
- Sterman, J. D. (2006). Learning from evidence in a complex world. *American journal of public health*, 96(3), 505-14. doi: 10.2105/AJPH.2005.066043.
- Stout, R. J., Cannon-Bowers, J. A., Salas, E., & Milanovich, D. M. (1999). Planning, shared mental models, and coordinated performance: An empirical link is established. *Human Factors*, 41, 61-71.
- Stout, R. J., Salas, E., and R. Carson. (1994). Individual task proficiency and team process: What's important for team functioning. *Military Psychology* , 6(3),177-192.
- Strang, A. J., Funke, G. J., Knott, B. A., Galster, S. M., & Russell, S. M. (2012, September). Effects of cross-training on team performance, communication, and workload in simulated air battle management. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting (Vol. 56, No. 1, pp. 1581-1585)*. SAGE Publications.
- Subash, F., Dunn, F., McNicholl, B., & Marlow, J. (2004). Team triage improves emergency department efficiency. *Emergency Medicine Journal*, 21(5), 542-544.
- Summers, J. E. (2012). *Simulation-based military training: An engineering approach to better addressing competing environmental, fiscal, and security concerns*. J. Wash. Acad. Sci., Spring.
- The Joint Commission (2011). Retrieved March 28, 2011 from: [http://www.jointcommission.org/sentinel\\_event.aspx](http://www.jointcommission.org/sentinel_event.aspx)
- Thomas, E. J., & Helmreich, R. L. (2002). Will airline safety models work in medicine? In K. M. Sutcliffe & M. M. Rosenthal (Eds.), *Medical error: What do we know? What do we do?* (pp. 217-234). San Francisco: Jossey-Bass.
- Thomas, E.J., Sexton, J.B., & Helmreich, R.L. (2004). Translating teamwork behaviours from aviation to healthcare: development of behavioural markers for neonatal resuscitation. *Quality and Safety Health Care*, 13, i57-i64.

- Toups, Z. O., Kerne, A., Hamilton, W. A., & Shahzad, N. (2011, May). Zero-fidelity simulation of fire emergency response: improving team coordination learning. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 1959-1968). ACM.
- Tremblay, S., Granlund, R., Berggren, P., Jobidon, M.-E., Holmberg, M., & Turner, P. (2012). A multiteam international simulation of joint operations in crisis response. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International ISCRAM Conference.
- Tremblay, S., Jobidon, M.-E., & Lafond, D. (2006). The study of the cognitive dimension of team performance. Technical report. Defence R&D Canada - Valcartier, Canada
- Tremblay, S., Lafond, D., Gagnon, J.-F., Rousseau, V., & Granlund, R. (2010). Extending the capabilities of the C<sup>3</sup>Fire microworld as a testing platform for emergency response management. Proceedings of the 7th International ISCRAM Conference, Seattle
- Tremblay, S., Vachon, F., Lafond, D., & Hodgetts, H. (2010). Does teaming up make you less vulnerable to task interruption ? Proceedings of the 54th annual meeting of the Human Factor and Ergonomics Society. Santa Monica, CA: Human Factor Society.
- Tremblay, S., Vachon, F., Lafond, D., & Kramer, C. (2012). Dealing With Task Interruptions in Complex Dynamic Environments Are Two Heads Better Than One?. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 54(1), 70-83.
- Trnka, J., Johansson, B., & Granlund, R. (2005). Investigating the impact of spatial decision support systems in modern emergency management using microworld simulations. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Modeling and Simulation for Safety and Security, Linköping, Sweden
- Tsai, T.-C., Harasym, P. H., Nijssen-Jordan, C., Jennett, P., & Powell, G. (2003). The quality of a simulation examination using a high-fidelity child manikin. Medical Education, 37(Suppl 1),72-8. doi: 10.1046/j.1365-2923.37.s1.3.x
- Tschan, F., Semmer, N.K., Gautschi, D., Hunziker, P., Spychiger, M., & Marsch, S.U. (2006). Leading to recovery: Group performance and coordinative activities in

- medical emergency driven groups. *Human Performance*, 19(3), 277-304
- Tschan, F., Semmer, N. K., Nägele, C., & Gurtner, A. (2000). Task adaptive behavior and performance in groups. *Group Processes and Intergroup Relations*, 3, 367–386.
- Tversky, a, & Kahneman, D. (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science (New York, N.Y.)*, 185(4157), 1124-31. doi: 10.1126/science.185.4157.1124.
- Undre, S., Healey, A.N., Darzi, A., & Vincent, C.A. (2006). Observational assessment of surgical teamwork: A feasibility study. *World Journal of Surgery*, 30(10), 1774-1783.
- Urban, J. M., Weaver, J. L., Bowers, C. A., & Rhodenizer, L. (1996). Effects of workload and structure on team processes and performance: Implications for complex team decision making. *Human Factors*, 38(2), 300-310.
- Valentin, A., Capuzzo, M., Guidet, B., Moreno, R.P., Dolanski, L., Bauer, P., & Metnitz, P.G. (2006). Patient safety in intensive care: Results from the multinational Sentinel Events Evaluation (SEE) study. *Intensive care medicine*, 32(10), 1591-1598.
- Van Avermate, J., & Kruijssen, E. (1998). NOTECHS: the evaluation of non-technical skills of multi-pilot air crew in relation to the JAR-FCL requirements. European Commission.
- Van De Ven, A.H., & Delbecq, A.L. (1976). Determinants of coordination modes within organizations. *American Sociological Review*, 41 (2), 322–338.
- Volpe, C.E., Cannon-Bowers, J.A., & Salas, E. (1996). The impact of cross-training on team functioning: An empirical investigation. *Human Factors*, 38(1), 87-100
- von Planta, M., & Osterwalder, J. J. (2001). Cardio-Pulmonare Reanimation und Früh-Defibrillation. Einführung der neuen Richtlinien durch den Swiss Resuscitation Council. Cardio-pulmonary resuscitation and early defibrillation: Introduction of the new guidelines of the Swiss Resuscitation Council. *Schweizerische Aerztezeitung*, 82(39), 2080–2087.
- Waller, M.J., & Utitdewilligen, S. (2008). Talking to the room: Collective sense-making during crisis situations. In: R. Roe, M.J. Waller, & S. Clegg (Eds.), *Time in Organizations—Approaches and Methods* (pp. 186–202), Routledge :London

- Watzlawick, P., Beavin Bavelas, J., Jackson, D.D., 1967. *Pragmatics of Human Communication. A Study of Interactional Patterns, Pathologies and Paradoxes.* W.W. Norton & Company, New York, London.
- Weber, R. P. (1985). *Basic content analysis.* Newbury Park, CA: Sage.
- Weller, J.M., Janssen, A.L., Merry, A.F., Robinson, B. (2011). Interdisciplinary team interactions: A qualitative study of perceptions of team function in simulated anaesthesia crises. *Medicine Education*, 42, 382–388.
- Wex, F., Schryen, G., Neumann, D. (2011). Intelligent decision support for centralized coordination during emergency response. *Proceedings of the International Conference*
- Wickens, C. D., & Huey, B. M. (Eds.). (1993). *Workload Transition: Implications for Individual and Team Performance.* National Academies Press.
- Wickens, C. D., Mavor, A. S., & McGee, J. P. (1997). *Flight to the future: Human factors in air traffic control.* Washington, DC: National Academy of Science.
- Wickler, G., Potter, S., Tate, A., & Hansberger, J. (2011). The virtual collaboration environment: New media for crisis response. *Proceedings of the International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM)*, Lisbon, Portugal
- Wiener, E. L., Kanki, B. G., & Helmreich, R. L. (Eds.). (1993). *Cockpit resource management.* Gulf Professional Publishing.
- Williges, R. C., Johnston, W. A., & Briggs, G. E. (1996). Role of verbal communication in teamwork. *Journal of Applied Psychology*, 6 (50), 473-478.
- Wilson, K. A., Salas, E., Priest, H. A., & Andrews, D. (2009). Errors in the heat of battle: taking a closer look at shared cognition breakdowns through teamwork. *Human Factors*, 49, 243-256.
- Witmer, B. & Singer, M. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225-240.
- Wittenbaum, G. M., Hollingshead, A. B., Paulus, P. B., Hirokawa, R. Y., Ancona, D. G., Peterson, R. S., Jehn, K. A., & Yoon K. (2004). The functional perspective as a lens for understanding groups. *Small Group Research*, 35, 17-43.

- Wittenbaum, G. M. & Stasser, G. (1996). "Management of Information in Small Groups". In Nye, J. L. & Brower, A. M. (Eds.), *What's Social about Social Cognition?*: p.3: Sage Publications.
- Wik, L., Kramer-Johansen, J., Myklebust, H., Sørebo, H., Fellows, B., & Steen, P.A. (2005). Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest. *Journal of the American Medical Association*, 293(3), 299 –304.
- Yaeger, K. A., Halamek, L. P., Coyle, M., Murphy, A., Anderson, J., Boyle, K., Braccia, K., McAuley, J., De Sandre, G., & Smith, B. (2004). High-fidelity simulation-based training in neonatal nursing. *Advances in Neonatal Care*, 4 (6), 326-331
- Zaccaro, S. J., Marks, M. A., & DeChurch, L. (Eds.). (2012). *Multiteam systems: An organization form for dynamic and complex environments*. Routledge.
- Zingg, U., Zala-Mezoe, E., Kuenzle, B., Licht, A., Metzger, U., Grote, G., & Platz, A. (2008). Evaluation of critical incidents in general surgery. *British Journal of Surgery*, 95



## ANNEXE A

### Synopsis du scénario 3

	Diagnosis elements	Possible actions
1. Start	<p>A: Endotracheal Tube 24cm, inflated balloon, no audible leak.</p> <p>B: Mechanical ventilation, low air flow on both sides ACV 30 X 360 P 18 FiO2 100% Paw 44, Saturation 78%</p> <p>C: Rhythm large QRS 36 BPM on scope, no pulse, AP through cannula 55/17.</p> <p>D: No reaction. Patient curarized. Temperature 40,5°C</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verification of the vital signs</li> <li>- Thoracic compressions</li> <li>- Ask for resuscitation</li> <li>- Physical assessment</li> <li>- Stop immunoglobulins: no effect</li> <li>- Ventolin 8 puffs: no effect</li> <li>- Increase Levophed: No improvements as long as the sinusal rhythm is not restored</li> <li>- Ask for blood test</li> <li>- Ask ECG: Idioventricular rhythm</li> <li>- Ask for echocardiography</li> <li>- Solumedrol or other cortisone derivatives: No effect</li> <li>- Magnesium IV: No effect</li> <li>- Bolus IV (NS or LR): No effect</li> <li>- Adrenalin 1 mg IV restores sinusal rhythm</li> <li>- Atropin 1mg-&gt; No effect</li> </ul> <p>If no thoracic compression nor Adrenalin within 5 minutes asystole develops (see point 4 below)</p>
2. Sinus rhythm back after Adrenalin 1 mg IV	<p>B: SpO2 80%, low bilateral airflow</p> <p>C: Back to sinusal tachycardy: 140-150 BPM, large QRS, TA 62/30</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Start Levophed: Temporarily increase TA at 72/40</li> <li>- Possibly adding other amines (adrenalin, vasopressin): increase TA ad max 80/60 if hyperkalemia and acidosis NON treated</li> </ul> <p>If no other treatment within 5 minutes after adrenalin: asystole (see point 4 below)</p>

3. Laboratories come in	K: 7,2 ECG: Sinusal tachycardy with BBG pH: 6,88	Hyperkaliemia/acidosis treatment: - Bicarbonates (perfusion or
	HCO3: 9 pCO2: 60 pO2: 48 Gly: 4,8	vial) - Kayexalate: No effect - Insulin/dextrose perfusion ± insulin boluses - Gluconate or calcium chloride is needed to treat hyperkalemia, which improves pressure 88/40 and prevents asystole (see point 5 below). If hyperkalemia is not treated, the patient goes in asystole (see point 4 below)
4. Asystole if no amines and treatment of hyperkalemia	B: SpO2 non detectable C: No pulse, no pressure	Thoracic compressions - Adrenalin 1mg IV for sinusal rhythm to come back - Treatment of hyperkalemia is necessary to maintain sinusal rhythm
5. Increasing amines and boluses AFTER adequate treatment of hyperkalemia	B: SpO2 80% C: TA ad max 88/40	- Increase Levophed / Adrenalin / Vasopressin / Dopamin: Enhanced TA ad max 88/40
7. Refractory hypoxemia	A: TET B: Symmetric bilateral ventilation but diminished. Central trachea. SpO2 78%	Ventolin / Atrovent 8 puffs: no effect - Pulmonary RX: ARDS - Increase PEEP to 20: no effect - Paralysis (Rocuronium, NIMBEX ...) (If TOF asked previously, TOF = 0, patient already curarized): no change - Recruitment manoeuvre to improve the saturation to 88%, but causes a significant decrease of TA with risks of asystole if the operation continues - Nitric oxide (NO) non available

## ANNEXE B

### Grille d'analyse des communications pour C<sup>3</sup>Fire

Dimension	Indicateurs	Exemples concrets
Préparation de l'accomplissement du travail (intra-situation)	<p><u>Au début</u> ou <u>lorsqu'un objectif semble avoir été atteint</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Établir les priorités (sans qu'un problème ait été identifié au préalable)</li> <li>▪ Planifier le déroulement des opérations</li> <li>▪ Identifier des méthodes de travail</li> <li>▪ Pas une réaction à une urgence (lorsqu'un sous-objectif est atteint)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Référence aux 2 priorités: Protéger les maisons, et limiter la propagation du feu</li> <li>▪ Référence à des événements possibles</li> <li>▪ Limiter le feu à un niveau pré-déterminé</li> <li>▪ Distribution des unités (ex. Je vais prendre le sud)</li> <li>▪ Assigner un camion-citerne à un pompier</li> <li>▪ Stratégie générale (ex. On devrait se concentrer sur le nord parce qu'il y a plus de maison en haut, amène ton pompier une case à côté du feu, pour pas que ça ait le temps de brûler)</li> <li>▪ Planification anticipée (s'il y a un nouveau feu, on enverra juste un camion-citerne)</li> <li>▪ Gestion des priorités</li> </ul>
Collaboration (task collaborative behavior)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se synchroniser dans la réalisation de certaines tâches</li> <li>▪ Exécuter des tâches de manière conjointe</li> <li>▪ Demande d'information (ex. : activités des collègues)</li> <li>▪ Transmettre de l'information concernant la réalisation des tâches</li> <li>▪ Réagir à un coéquipier (ex : demander à un collègue de s'ajuster) <u>sans</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demander/offrir de l'aide (ex. Est-ce que quelqu'un peut venir m'aider avec le nouveau feu?)</li> <li>▪ Demander/offrir de l'eau</li> <li>▪ Position des unités</li> <li>▪ Position des maisons/lacs</li> </ul>

	la présence d'urgence	
<p>Évaluation</p> <p>[attirer l'attention sur un besoin/problème ou apprécier l'état de la situation]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Évaluer les conditions/facteurs environnementaux qui peuvent influencer la réalisation du travail</li> <li>▪ Constater un <u>élément nouveau</u> ou une <u>modification</u> dans l'environnement</li> <li>▪ Vérifier l'état des ressources de l'équipe</li> <li>▪ Évaluer la progression du travail</li> <li>▪ Juger le mode de fonctionnement de l'équipe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Progression du feu</li> <li>▪ Maison menacée</li> <li>▪ Force et direction du vent</li> </ul>
<p>Ajustement</p>	<p>En réaction à un nouveau problème, une urgence ou un changement :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Proposer de nouvelles façons de faire le travail</li> <li>▪ Mettre en application de nouvelles pratiques dans l'équipe</li> <li>▪ Aider un ou des membres en difficulté</li> <li>▪ Montrer aux autres de nouvelles façons de faire</li> <li>▪ Déterminer des solutions face à un problème</li> <li>▪ Revoir les priorités (suite à l'évaluation d'un changement ou d'un problème)</li> <li>▪ <u>Urgence</u>, problème, quelque chose à régler (nouveau feu); planification réactive à un</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Redistribution des unités</li> <li>▪ Changement de stratégie (ex. Cette fois on devrait laisser tomber le deuxième feu et juste se concentrer sur le gros)</li> </ul>

	<p>changement</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Réagir à la situation (maison ou événement critique); peut être indiquée par un coéquipier</li><li>▪ Action pas encore entreprise*</li></ul>	
--	--	--



## ANNEXE C

### Grille d'analyse des communications pour Apprentiss

Dimension	Indicateurs	Exemples représentatifs
Préparation  Accomplissement du travail (intra-situation)	<p><u>Au début</u> ou <u>lorsqu'un objectif</u> semble avoir été atteint :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Établir les priorités (sans qu'un problème n'ait été identifié au préalable)</li><li>▪ Planifier le déroulement des actions</li><li>▪ Identifier des objectifs et des méthodes de travail</li><li>▪ Pas une réaction à une urgence (lorsqu'un sous-objectif est atteint)</li><li>▪ Ne correspond pas aux étapes de préparation médicales en soi</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ « Premièrement, on va dégager. Ensuite, on va le descendre ».</li></ul>

<p>Collaboration</p> <p>Comportements orientés sur la tâche</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se synchroniser dans la réalisation de certaines tâches</li> <li>▪ Exécuter des tâches de manière conjointe</li> <li>▪ Échanger de l'information (ex. : activités des collègues, demandes de collègues)</li> <li>▪ Transmettre de l'information qui concerne la réalisation des tâches et/ou la compréhension de celles-ci (même si la finalité de l'énoncé impliquera une évaluation de la part du récepteur)</li> <li>▪ Réagir à un coéquipier (ex : demander à un collègue de s'ajuster) <u>sans</u> la présence d'urgence</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ « Apporte-moi donc des gants svp. »</li> <li>▪ « C'est quoi que tu veux que je fasse ? »</li> <li>▪ « Oui, on en a commandé un autre. »</li> <li>▪ « Tu voulais des compresses. »</li> <li>▪ « Je vais vous préparer ça ! »</li> <li>▪ « Je synchronise à 120. C'est beau. »</li> <li>▪ « Ouais commande-en »</li> <li>▪ « On va le mettre à 100% les valves de peep »</li> <li>▪ « Le patient est arrivé ici à 8h10 suite à une chute alors qu'il travaillait sur ses gouttières. »</li> </ul>
<p>Évaluation</p> <p>Attirer l'attention sur un besoin / problème ou apprécier l'état de la situation</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Évaluer les conditions/facteurs environnementaux qui peuvent influencer la réalisation du travail</li> <li>▪ Constater un élément nouveau ou une modification dans l'environnement</li> <li>▪ Vérifier l'état des ressources de l'équipe et de l'environnement (disponibilité et l'accessibilité des ressources –entre autres des outils de travail)</li> <li>▪ Vérifier l'état du patient, du matériel ou des interventions</li> <li>▪ Communiquer des informations constatées qui sont factuelles ou interprétatives en lien avec une situation</li> <li>▪ Évaluer la progression du travail</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ « Qu'est-ce qu'il y a qui coule Simon ? »</li> <li>▪ « Est-ce que le drain a l'air bouché ? »</li> <li>▪ « On n'a toujours pas d'amélioration quant à sa pression artérielle. On a demandé du sang ».</li> <li>▪ « Ça ne passe pas. »</li> <li>▪ « Pour l'instant, on n'a pas d'amélioration. »</li> <li>▪ « Peut-être lui ramener son bras... ».</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Juger le mode de fonctionnement de l'équipe</li> </ul>	
Ajustement	<p>En réaction à un nouveau problème, une urgence ou un changement qui empêche l'atteinte des objectifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Proposer de nouvelles façons de faire le travail</li> <li>▪ Mettre en application de nouvelles pratiques dans l'équipe</li> <li>▪ Aider un ou des membres en difficulté</li> <li>▪ Montrer aux autres des façons de faire</li> <li>▪ Déterminer des solutions face à un problème</li> <li>▪ Revoir les priorités (suite à l'évaluation d'un changement ou d'un problème)</li> <li>▪ <u>Urgence</u>, problème, quelque chose à régler (nouvelle situation); planification réactive à un changement</li> <li>▪ Réagir à la situation (événement critique); peut être indiquée par un coéquipier</li> <li>▪ Action pas encore entreprise*</li> <li>▪ Communiquer des manières de faire qui découlent du changement</li> <li>▪ Lier à l'adaptabilité de la part de l'équipe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ « Il faudrait changer un peu les paramètres. »</li> <li>▪ « Ok ! Ouvre l'autre pompe ! Mets-le sur l'autre pompe. »</li> <li>▪ « Il va falloir commencer à le masser. »</li> <li>▪ « Peux-tu doubler la vitesse de la pompe? »</li> <li>▪ « Donc, on s'installe pour la cardioversion. »</li> </ul>

\*\* Si une communication n'appartient pas à ce groupe, catégorisez-la comme **AUTRE**.  
Ex : blagues, rire, marmonnement, commentaires divers.

## ZONES GRISES

Dimension	Exemples concrets
<p><b>Préparation de l'accomplissement du travail (intra-situation)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ « Dès que c'est fait, on masse »</li> </ul>
<p><b>Collaboration</b> (comportements orientés sur la tâche)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ « Tout le monde est en arrière, c'est beau! »</li> <li>▪ « La planche est ici» (lorsque quelqu'un fouille pour la trouver)</li> <li>▪ « Donnes lui 100 mg d'adrénaline» (s'il s'agit de la procédure) MAIS, le mettre dans ajustement si on décide de faire ça au lieu d'une autre intervention ou si cela fait suite à une situation critique ou un changement de dosage « à la place de 50mg tu vas en donner 100mg»</li> <li>▪ « 100 mg d'adrénaline donnée »</li> <li>▪ « J'ai donné 100 mg d'adrénaline »</li> <li>▪ « Le chariot est arrivé » (suivant une requête)</li> <li>▪ « Je charge à 120 »</li> <li>▪ « Je veux que l'adrénaline soit en cours »</li> <li>▪ « Partez-moi une perfusion de lévo syp »</li> <li>▪ « Ok, recommence à masser. »</li> <li>▪ « Arrête de masser un peu...», « Ok, arrête de masser. »</li> <li>▪ « Attends une seconde »</li> <li>▪ « Je vais regarder voir si le tube est bouché »</li> <li>▪ « Combien de fentanyl et de versed (tu veux que je lui donne)? »</li> <li>▪ « La radiographie est prête »</li> <li>▪ « A combien je le mets le stimulateur? »</li> <li>▪ « Mets-le à 80 »</li> <li>▪ « Ça, c'est ma perf d'adré? »</li> <li>▪ « Oui, je te les donne » (A la question « Est-ce qu'on a des ciseaux? » car c'est une réponse qui vise à aider un collègue et ça correspond à se synchroniser dans la réalisation des tâches)</li> <li>▪ «Veux-tu que j'augmente la perfusion un peu?» (si les personnes sont en train d'exécuter une tâche commune</li> </ul>

	<p>en lien avec la perfusion)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ « Et, je vais lui donner du ventolin peut-être? » (si le ventolin est directement lié à la tâche immédiate)</li> <li>▪ « Oui, l'adré 1 mg est donné! » (À la question «à l'adré 1mg est donnée?») )</li> <li>▪ « Voulez-vous que je le laisse à 18? »</li> <li>▪ « On demande-tu une radio? », « On va donner de l'adrénaline et une shot de solu cortef » (lorsque prévu dans la procédure)</li> <li>▪ « C'est sûr qu'il va le transformer en Co2 et on va avoir de la misère à le faire expirer »</li> </ul>
<p><b>Évaluation</b></p> <p>(attirer l'attention sur un besoin/problème ou apprécier l'état de la situation) (peut avoir trait à ce qui concerne le traitement de l'information ou à un jugement)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ « La sédation qui est en cours, c'est quoi? »</li> <li>▪ « Elle est à combien sa lévo? »</li> <li>▪ « Il peut avoir une tombolite basale... »</li> <li>▪ « J'ai de la misère à ventiler.»</li> <li>▪ « T'as quoi comme ventilation? »</li> <li>▪ « On sature à 82 »</li> <li>▪ « Est-ce qu'on a du Co2? »</li> <li>▪ « Ah, les gants sont ici! » (La personne constate que les gants sont dans le chariot)</li> <li>▪ « Est-ce qu'on a une planche? »</li> <li>▪ « Où est la planche? »</li> <li>▪ « C'est ici. » (À la question « Où est la planche? » car ça confirme une information liée à l'état des ressources –ça fait le point sur les ressources-).</li> <li>▪ « Veux-tu que j'augmente la perfusion un peu? » (implique de juger l'état du patient (ou d'un indicateur))</li> <li>▪ « Est-ce que ça paraît? » (La personne veut connaître l'effet de l'augmentation des débits).</li> <li>▪ « Combien de lévo? »</li> <li>▪ « Lévo est à 20, quadruple concentration? »</li> <li>▪ « L'adré 1 mg est donnée? »</li> <li>▪ « L'ECG a été demandée? »</li> <li>▪ « Oui l'ECG a été demandée! » (À la question ... «L'ECG a été demandée?»)</li> <li>▪ « Le cardio, est-ce qu'il s'envenait? »</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ « Oui il a dit qu'il s'envenait! » (À la question « Le cardio, est-ce qu'il s'envenait? »)</li> <li>▪ « La lévo est à combien? », « Pour l'instant, je ne vois pas car l'écran ne fonctionne pas bien... »</li> </ul>
<b>Ajustement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ « On va masser »</li> <li>▪ « On le remet tu à 30 fois 300»</li> <li>▪ « On va appeler le cardiologue» (si on en est rendu là, on le met dans ajustement), MAIS il peut aussi s'agir de préparation (on va faire ça et ensuite appeler le cardio)</li> <li>▪ « On peut regarder avec une lame, voir.. »</li> <li>▪ « Est-ce qu'on passe une succion dedans? »</li> <li>▪ « Est-ce qu'on le sature? »</li> <li>▪ « On va lui donner du ventolin peut-être? »</li> <li>▪ « Est-ce qu'on monte le lévophed un petit peu? »</li> <li>▪ « Est-ce qu'on irait voir un petit scope? »</li> <li>▪ « Peux-tu donner de l'adré 1 mg Sylvain? »</li> <li>▪ « On demande-tu une radio? », « On va donner de l'adrénaline et une shot de solu-cortef » (si c'est en réponse à un évènement particulier ou si quelque chose vient de se produire)</li> </ul>
<b>Autres</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ « Vas-y, t'es capable ! » (car ça a à trait avec la motivation et cela correspond à d'autres catégories que les 4 fonctions de régulation)</li> <li>▪ « Merci »</li> <li>▪ « Oui» (dans le sens de « ouais »).</li> <li>▪ « Ok »</li> <li>▪ « Fred... »</li> <li>▪ « Excellent» (suivi de... peux-tu donner de l'adré 1mg Sylvain»</li> </ul>

**\*\* Si une communication n'appartient pas à ce groupe, catégorisez-la comme **AUTRE**.**  
Ex : blagues, rire, marmonnement, commentaires divers, la personne se parle à elle-même, répétition, énoncés hors contexte du scénario, phrases non terminées, etc...