



HAL
open science

Le rôle des comportements informationnels dans la prise de conscience de la situation : usage dans le serious game 3D Virtual Operating Room

Gilles Devreux

► To cite this version:

Gilles Devreux. Le rôle des comportements informationnels dans la prise de conscience de la situation : usage dans le serious game 3D Virtual Operating Room. Psychologie. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, 2015. Français. NNT : 2015TOU20127 . tel-01498175

HAL Id: tel-01498175

<https://theses.hal.science/tel-01498175>

Submitted on 29 Mar 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



THÈSE

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par :

Université Toulouse - Jean Jaurès

Présentée et soutenue par :

Gilles Devreux

le vendredi 18 décembre 2015

Titre :

Le rôle des comportements informationnels dans la prise de conscience de la situation : usage dans le Serious Game 3D Virtual Operating Room

École doctorale et discipline ou spécialité :

ED CLESCO : Psychologie

Unité de recherche :

Laboratoire Cognition Langues Langage Ergonomie - CLLE-LTC - UMR CNRS 5263

Directeur/trice(s) de Thèse :

Aline CHEVALIER
Julien CEGARRA

Professeure des Universités, Université Jean Jaures, Toulouse
Professeur des Universités, Institut National Universitaire Champollion, Albi

Examineurs :

Fabien FENOUILLET
Jérôme DINET
Vincent LUBRANO
Pierre LAGARRIGUE

Professeur des Universités, Université Paris Ouest Nanterre La Defense
Professeur des Universités, Université de Lorraine, Metz
Chirurgien des hôpitaux, CHU de Toulouse
Professeur des Universités, Centre Universitaire Champollion, Albi

Devreux, G. (2015). Le rôle des comportements informationnels dans la prise de conscience de la situation : Usage dans le Serious Game 3D Virtual Operating Room. Thèse de doctorat en Psychologie, Université Jean Jaurès, Toulouse, France

Apparemment tout le monde comprend le sens du concept d'information ; en réalité il est complexe et multiforme, aussi difficile à préciser que celui d'être, de matière ou d'énergie. Il peut s'appliquer à tout - y compris à l'être, la matière ou l'énergie -, mais à la différence de ces trois concepts, il ne désigne pas une réalité isolée. L'information est essentiellement qualitative ; elle ne peut être appréhendée en dehors d'un univers qui lui donne du sens, puisqu'elle s'inscrit avant tout dans une relation. Elle est perception de l'extérieur, échange, adaptation, coordination, régulation avec son environnement.

Gerard Ayache
(Homo sapiens 2.0 : Introduction à une histoire naturelle de l'hyperinformation, 2008)

REMERCIEMENTS

A ma mère de m'avoir donné le goût de la recherche

A mon père de m'avoir donné le goût de la formation

A Cédric et Vincent de m'avoir donné le goût des nouvelles technologies

Les essences combinées de ces travaux !

À Aline Chevalier & Julien Cegarra d'avoir été des directeurs disponibles et très patients, de votre soutien, votre équilibre, votre calme et vos encouragements qui m'ont emmené jusqu'au bout, ainsi que vos conseils et vos orientations durant ces trois ans.

À Jérôme Dinet et Fabien Fenouillet d'avoir accepté d'être membre de mon jury.

À Pierre Lagarrigue et Cathy Lelardeux de m'avoir accueilli au sein de l'équipe 3DVOR de Champollion. Cathy, de ta patience, de tes conseils et tes relectures durant ces trois ans et Pierre Lagarrigue d'avoir accepté d'être membre de mon jury.

Aux professeurs Vincent Minville & Vincent Lubrano des hôpitaux de Toulouse de vos retours lors de l'élaboration de l'étude 2 et d'avoir facilité l'accès à la population d'étude. A Vincent Lubrano également d'avoir accepté d'être membre de mon jury.

À Christianne Paban et Corrine Laffon de l'école régionale d'infirmiers anesthésistes, ainsi qu'aux professeurs Xavier Chaufour et Philippe Chiron, à mmes Rigal, Serano et Munsch ainsi qu'à Jean-François Couat et Salah Ferhane des hôpitaux de Toulouse d'avoir permis la rencontre avec le personnel des blocs opératoires des hôpitaux de Toulouse.

À Danièle Cousinié cadre supérieur de santé et Sylvie Escafre-Piberne, cadre de santé chargé de la formation de l'IFSI d'avoir, avec une grande ouverture d'esprit, encouragé les élèves de l'école à participer à l'étude 2.

Aux professionnels et étudiants du monde hospitalier d'avoir accepté de participer à mes expérimentations.

À Romain, Jules et Cyrielle de votre accueil à chacun de mes passages au SGRL et pour les supports visuels et les prototype serious games et à David : « I hope that one day I will become your fully equal partner ».

À Thomas de ton accueil bienveillant dans l'équipe de 3DVOR puis au sein des hôpitaux de Toulouse et de ta disponibilité et le temps et les efforts fournis pour franchir les barricades administratives et me permettre d'accéder à la population de mon terrain.

À Géraldine Faure d'avoir répondu à mes questions sur les tests de concordances de script et de m'avoir permis d'utiliser tes données.

À Ingrid Versheure de m'avoir inclus dans ton étude sur les compétences non techniques visées par 3DVOR.

Aux étudiants du M1 2014, Daphné, Rémi, Ricardo, Patrick, Justine, Candice, Aurore et Charlotte de votre participation à l'étude 1.

Aux étudiants du M1 2015, Claire, Caroline, Lucile, Mélanie et Franck de votre participation à l'étude 3.

À Johanna de m'avoir remis dans « l'endroit chemin » lorsque mes pieds sont revenus du plafond pour rejoindre le sol puis de m'avoir remonté lorsque ma tête joignait mes pieds.

L'équipe TIME parce que vous et le LESCOT mis à part, je n'ai pas vu d'équipe de recherche sans discorde à fleur de peau.

À Pierre-Vincent, l'homme qui voit ce que les autres perçoivent, de ton implication dans l'étude 2 et aussi des discussions hardwariennes telles que je n'en ai eues depuis 1997.

À Christophe de ta bonne humeur invincible et de l'instauration de ton système très complexe de calcul des frais.

À Coralie pour ce premier repas sur Albi spécial « décoration », tes instants musicaux et finalement ton dynamisme et ta bonne humeur générale. A Coralie pour ses somptueux desserts et repas fraîcheurs. A Coralie de ses sourires et sa joie de vivre lors de mes passages à Toulouse. A Coralie de ses regards attentifs.

À Pauline pour...Oula ! Par où j'commence ? Pour tes Gâteaux ? Non... Pour tes nombreuses pauses Snack ? Non... Pour les soirées Sushi ? Non plus... d'avoir instauré et tenu à jour le système des fiches... De la corrections des faute d'orthogaffe (je suis certain qu'Aline et Julien se joignent à moi pour celle-là), du le match de tennis émotionnel (1 blit à 0, 1blit à 2...), ou peut-être juste d'être là, simplement Merci, si tu ouvres ton cabinet de thé-hop au Canada je viendrais te voir.

À Maître Koosha, leader sans faille, d'avoir géré le groupe des doctorants de la salle JJJJ306 d'une main de chef, et à l'avenir des chansons du passé !

À Koosha & Pauline (parce que tout le monde va par deux), de nos réflexions éléphantesques autour du grand Blanc !

À Agnès, parce que comme disait Pauline, le bureau manquait de fi... neuroscientifique (adapté de Matha, 2015) ! Neuroscientifique était ce que je voulais dire !

À Rémi de ces discussions hardwariennes telles que je n'en ai eues depuis l'arrivée de Pierre-Vincent.

À Charlotte, à nouveau, non plus en tant qu'étudiante de licence ou master, mais en tant que collègue et amie qu'il ne faudrait quand même pas expatrier en salle de manip'. Venant d'une future marmotte à un Caribou en herbe : « Tiens bon ! »

Aux sociologues et promus sociologues « Victor & Basile » et Jan et Elsa & Sylvain, parce que la socio ne sert à rien mais on l'aime bien quand même, vous êtes également devenus des amis au fil de l'eau.

À Carol de cet échange de soutien moral.

Aux collègues et amies doctorantes Noelia, Sandra & Mathilde, Julie & Adeline de votre partage d'expériences sur la vie en doctorat.

À Sarah & Guillaume, la première d'avoir refait l'intérieur de l'immeuble et annexé avec moi les terrains d'à côté pour la piscine, le second d'avoir pris le temps de relire mes écrits.

À Eric de ton soutien moral et pour m'avoir fourni quelques documents et témoignages de la vie au bloc opératoire.

Enfin à ma famille et aux amis lointains mes grands-parents, Théo, Mathieu & Adrianna, Jérôme & Jade, Laura & Clément, Elodie & Sylvain, Sofie & Christophe de votre soutien à chacun de mes passages sur la région parisienne et autres.

REMERCIEMENTS	3
INTRODUCTION	9
CHAPITRE 1 : LA RELATION SYSTEME-INFORMATIONS : DYNAMISME ET COMPLEXITÉ, L'EXEMPLE DU BLOC OPERATOIRE	14
1.1 LE CARACTÈRE INFORMATIONNEL DES SYSTÈMES	14
1.2 LE CARACTÈRE COMPLEXE DES SYSTÈMES	16
1.3 LE CARACTÈRE DYNAMIQUE DES SYSTÈMES	17
1.4 LE BLOC OPÉRATOIRE, UN SYSTÈME COMPLEXE ET DYNAMIQUE	19
CHAPITRE 2 : LA REPRÉSENTATION DE LA SITUATION	25
2.1 L'ÉLABORATION D'UNE CONSCIENCE DE LA SITUATION	25
2.1.1 LE MODÈLE D'ENDSLEY	25
2.1.2 LES MODÈLES DE PRISE DE CONSCIENCE DE LA SITUATION EN ÉQUIPE	28
2.1.3 LA CONSCIENCE DE SITUATION DISTRIBUÉE	30
2.1.3.1 <i>La théorie des schémas</i>	30
2.1.3.2 <i>Le cycle perceptuel</i>	31
2.1.3.3 <i>La conscience de situation compatible et la transaction de conscience de situation</i>	31
2.2 REPRÉSENTATION MENTALE ET PRISE DE DÉCISION EN SITUATION DYNAMIQUE	32
2.2.1 LA RECHERCHE D'INFORMATIONS ET L'ACQUISITION DES CONNAISSANCES	32
2.2.1.1 <i>La recherche d'information et le besoin informationnel dirigé par un but</i>	32
2.2.1.2 <i>Conscience du besoin d'information et incertitude dans la conscience de situation</i>	33
2.2.1.3 <i>L'intégration des informations et la création d'une représentation fonctionnelle de la situation</i>	34
2.2.2 LE MODÈLE DE GESTION DES SITUATIONS DYNAMIQUES	36
2.2.2.1 <i>Le besoin d'informations dans le modèle de la double échelle de décision</i>	36
2.2.2.2 <i>La recherche d'information lors de la gestion de situation dynamique</i>	38
2.3 LA CONSCIENCE DE LA SITUATION, LA COMMUNICATION ET LE TRAVAIL D'ÉQUIPE AU BLOC OPÉRATOIRE	40
2.3.1 LA COMMUNICATION AU SEIN DE L'ÉQUIPE	40
2.3.1.1 <i>L'équipe et le travail d'équipe au bloc opératoire</i>	40
2.3.1.2 <i>La communication au bloc opératoire</i>	42
2.3.2 LES COUPLES COMMUNICANTS AU BLOC : SCHEMA DES RELATIONS PROFESSIONNELLES AU BLOC OPÉRATOIRE	43
2.3.3 L'ÉLABORATION DE LA CONSCIENCE DE LA SITUATION CHEZ LES OPÉRATEURS DU BLOC	45

2.3.3.1	<i>Les facteurs individuels et environnementaux :</i>	45
2.3.3.2	<i>Les Infirmières de blocs opératoires</i>	45
2.3.3.3	<i>Les anesthésistes</i>	46
2.3.3.4	<i>Les chirurgiens</i>	47

CHAPITRE 3 : LA FORMATION AUX COMPÉTENCES NON TECHNIQUES **48**

3.1	ÉTUDES DES COMPÉTENCES NON-TECHNIQUES AU BLOC OPÉRATOIRE	48
3.2	SIMULATION ET JEU SÉRIEUX	52
3.2.1	DÉFINITIONS	53
3.2.2	LE SCENARIO ET LA MISE EN CONTEXTE DE LA SITUATION D'APPRENTISSAGE	54
3.3	ÉTAT DES LIEUX DES SERIOUS GAMES ET UNIVERS DE FORMATION POUR LES PROFESSIONNELS DE LA SANTÉ	57
3.4	INTRODUCTION AU SERIOUS GAME : 3D VIRTUAL OPERATING ROOM	61
PROBLÉMATIQUE		63

CHAPITRE 4 : ÉTUDE DE LA PRISE DE CONSCIENCE DE LA SITUATION À TRAVERS LES COMMUNICATIONS ENTRE OPERATEURS **66**

4.1	MÉTHODE	66
4.1.1	DESCRIPTION DE LA POPULATION	67
4.1.1.1	<i>Les participants</i>	67
4.1.1.2	<i>Les opérations filmées</i>	68
4.1.2	MATÉRIEL	70
4.1.2.1	<i>Disposition des cameras</i>	70
4.1.2.1	<i>Retranscription des films obtenus</i>	71
4.1.3	CODAGE DES COMMUNICATIONS ET VARIABLES	71
4.1.4	HYPOTHÈSES	73
4.2	RÉSULTATS	74
4.2.1	EFFET DU DEGRÉ D'EXPÉRIENCE ET DU CORPS DE MÉTIER SUR LE TYPE DE COMMUNICATIONS ÉMISES	74
4.2.1.1	<i>Différences entre les communications liées à la prise de conscience de la situation et celles liées à la gestion des processus</i>	74
4.2.1.2	<i>Différences entre tous les types de communication</i>	77
4.2.2	EFFET DU DEGRÉ D'EXPÉRIENCE ET DU CORPS DE MÉTIER SUR LE CHOIX DES INTERLOCUTEURS	79
4.2.3	SYNTHÈSE DES PRINCIPAUX RÉSULTATS	80
4.3	DISCUSSION	82

CHAPITRE 5 : ÉTUDE DE LA PRISE DE CONSCIENCE DE LA SITUATION EN SITUATION DEGRADÉE **85**

5.1	MÉTHODE	85
5.1.1	PARTICIPANTS	85
5.1.2	MATERIEL	86
5.1.2.1	<i>Le test de script TCS</i>	87
5.1.2.2	<i>Le scénario</i>	89
5.1.2.3	<i>Le SAGAT (Situation Awareness Global Assessment Technique)</i>	91
5.1.2.4	<i>Les mesures d'oculométrie et l'organisation technique :</i>	92
5.1.3	VARIABLES	92
5.1.4	HYPOTHÈSES	94
5.2	RÉSULTATS	95
5.2.1	CORRÉLATION ENTRE LES SCORES OBTENUS AU TEST DE CONCORDANCE DE SCRIPT ET LES ANNÉES D'EXPÉRIENCE	95
5.2.2	LA PERFORMANCE DANS LE DIAGNOSTIC DE LA SITUATION CLINIQUE	96
5.2.3	LE SCORE OBTENU AUX QUESTIONS D'OBSERVATION DU SAGAT	98
5.2.4	LE NOMBRE D'HYPOTHÈSES DE DIAGNOSTIC FORMULÉES	100
5.2.5	POURCENTAGE D'ÉLÉMENTS CITÉS DANS LES QUESTIONS DE TYPE « COMPREHENSION » DU SAGAT	102
5.2.5.1	<i>Mesure de la variable « actions des IBODE »</i>	103
5.2.5.2	<i>Mesure de la variable « actions de l'IADE »</i>	104
5.2.5.3	<i>Mesure de la variable « action du chirurgien »</i>	105
5.2.5.4	<i>Mesure de la variable « données physiologiques »</i>	107
5.2.5.5	<i>Mesure de la variable « données logistiques »</i>	108
5.2.6	MESURES DES NOMBRES DE FIXATIONS	109
5.2.6.1	<i>Les écrans liés à l'IBODE</i>	110
5.2.6.2	<i>Les écrans liés à L'IADE</i>	111
5.2.6.3	<i>Les écrans liés au chirurgien</i>	112
5.2.6.4	<i>Les écrans liés aux données physiologiques</i>	114
5.2.6.5	<i>Les écrans liés aux données logistiques</i>	115
5.2.7	SYNTHÈSE DES PRINCIPAUX RESULTATS	116
5.3	DISCUSSION	118

CHAPITRE 6 : EFFET DE L'IMPLICATION DES MEMBRES D'UNE ÉQUIPE SUR LA PARTICIPATION A LA CONSTRUCTION D'UNE REPRÉSENTATION COMMUNE DE LA SITUATION **121**

6.1	MÉTHODE	121
6.1.1	PARTICIPANTS	121
6.1.2	MATÉRIEL ET PROTOCOLE	122
6.1.3	LES VARIABLES	125
6.1.3.1	<i>Variables indépendantes</i>	125

6.1.3.2 Variables dépendantes	126
6.1.4 HYPOTHÈSES	127
6.2 RÉSULTATS	128
6.2.1 SCORES OBTENUS AUX DEUX VOTES	129
6.2.2 NOMBRE DE CONSULTATIONS DES DOCUMENTS	130
6.2.3 TEMPS DE CONSULTATION DES DOCUMENTS	132
6.2.4 TEMPS PASSÉ SUR LA SCÈNE	134
6.2.5 SYNTHÈSE DES PRINCIPAUX RÉSULTATS	135
6.3 DISCUSSION	136
CHAPITRE 7 : DISCUSSION ET CONCLUSION	139
7.1 PRINCIPAUX RÉSULTATS OBTENUS	140
7.1.1 LES TYPES DE COMMUNICATION ENTRE LES OPÉRATEURS DU BLOC	140
7.1.2 LE COMPORTEMENT INFORMATIONNEL DES OPÉRATEURS EN SITUATION DÉGRADÉE	142
7.1.3 DES LEVIERS POUR ORIENTER LES COMPORTEMENTS INFORMATIONNELS ?	144
7.2 DISCUSSION GÉNÉRALE	145
7.3 PERSPECTIVES ET LIMITES	147
7.4 3DVOR UN SERIOUS GAME BASÉ SUR LES MÉCANISMES INFORMATIONNELS	148
RÉFÉRENCES	151
LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX	164
ANNEXES	167
ANNEXE 1 : CHECKLIST DE LA HAS	167
ANNEXE 2 : RÉFÉRENTIEL DE COMPÉTENCES DE 3DVOR	168
ANNEXE 3 : TABLEAUX DE DONNÉES DES SCÉNARIOS DE L'ÉTUDE 2	171
ANNEXE 4 : TABLE DES SCORES TCS DES EXPERTS DE L'ÉTUDE FAURE (2014) ET DE NOS PARTICIPANTS	174
ANNEXE 4 : DONNÉES DE L'ÉTUDE	176
3 RÉSUMÉ	181

INTRODUCTION

Les travaux présentés dans cette thèse s'insèrent dans un projet de conception d'un serious game nommé 3DVOR, ce serious game est dédié à la formation à la gestion des risques et à la prévention des événements indésirables graves au bloc opératoire. Ce projet 3DVOR est supervisé par le groupement d'intérêt scientifique SERIOUS GAME RESEARCH NETWORK (SGRN), porté par le centre universitaire Jean François Champollion, les hôpitaux de Toulouse, la société de production de serious game KTM Advance et la société spécialiste du personnage virtuel, Novamotion.

L'objectif de cette thèse de doctorat est d'étudier les mécanismes en jeu dans les comportements informationnels lors de la prise de conscience de la situation afin d'en dégager des leviers pédagogiques permettant d'orienter ces comportements. L'idée centrale du serious game 3DVOR, dispositif de formation numérique (nous en reparlerons plus en détail dans le chapitre 3), vient du constat relevé par de nombreux rapports émanant d'autorités compétentes, telles que la Haute Autorité de Santé (HAS), l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) ou encore de la Direction de la Recherche, des Études, de l'Évaluation et des Statistiques (DREES), que nombre d'accidents enregistrés sont dus à des erreurs médicales évitables, telles que l'erreur de patient ou l'erreur de site opératoire. Ces erreurs sont considérées comme des événements indésirables. Un Événement Indésirable est considéré comme Grave (EIG) lorsqu'il entraîne un handicap ou une incapacité à la fin de l'hospitalisation, lorsqu'il met en jeu le pronostic vital, quelle qu'en soit l'issue, ou lorsqu'il entraîne une hospitalisation ou une prolongation d'hospitalisation d'au moins un jour (DRESS 2011). Selon le rapport ENEIS (2009) en France, on comptait, dans la première décennie du XXI^e siècle, en moyenne 9,2 EIG par jour en chirurgie. Un événement peut aussi être sans conséquence s'il est détecté et récupéré à temps. On parle alors de « near-miss » ou d'Événement Porteur de Risque (EPR) (HAS, 2012).

Pour donner quelques chiffres sur l'accidentologie, en 2007, un rapport PSA (Patient Safety Authority) du PA-PSRS (Pennsylvania-Patient Safety Reporting System) présente les faits suivants : sur 145 études de cas d'erreur de site opératoire, 25 cas résultaient d'un manque d'information, 45 cas étaient strictement dus à une mésinterprétation des informations et 75 cas étaient considérés comme mixtes ou ambiguës — l'échange dynamique d'informations étant un élément crucial pour le bon déroulement d'une opération (Plaster, Seagull & Xiao, 2003). Une étude de la *Joint Commission for Hospital Accreditation* aux USA (JCAHO, 2008) rapporte que sur 2455 cas d'EIG entre 1995 et 2005, 70% impliquaient des défauts de communication (OMS, 2009). Enfin, une étude de Greenberg et al. (2007) a observé 444

événements indésirables dont 60 étaient dus à un défaut de communication impliquant un danger pour le patient. Ces 60 cas impliquaient 81 défauts de communication lors de l'opération. 92% de ces communications défectueuses étaient des communications verbales. Ils ont évalué que 45% à 73% de ces défauts pouvaient être prévenus.

Plusieurs dispositifs ont déjà été mis en place pour réduire ces événements indésirables liés aux erreurs médicales. Nous citerons particulièrement la mise en place d'une check-list « Sécurité du Patient au Bloc Opératoire » (cf. annexe 1) mise en place sous l'égide de la HAS et devenue obligatoire en France, en 2010. Cette check-list doit être remplie à trois moments clés de l'opération : avant l'anesthésie du patient, avant l'incision du patient et avant le départ du patient. Elle permet, entre autres, de vérifier les antécédents du patient, son identité, l'état de préparation de la salle d'opération et des consommables utilisés lors de l'opération. Son intérêt majeur est de favoriser la communication et l'échange d'informations entre les membres de l'équipe. Dans ce document, nous aurons l'occasion de rediscuter cette check-list, qui sera en partie présente dans nos protocoles d'expérimentations, à savoir les points concernant la vérification de l'identité et celle du site opératoire (e.g. partie du corps subissant la chirurgie).

De plus, de nombreuses recherches dans le domaine de la sécurité du patient, « *patient safety* », de la gestion des risques et de l'ergonomie ont été effectuées depuis les premiers rapports. Nous citerons l'impact du rapport américain « *to err is human : building a safer health system* » (1999) de l'*Institute of Medicine* (IOM) rapportant plus de 98 000 morts annuelles imputées à des erreurs médicales qui auraient pu être évitées. Ce rapport a eu pour effet de lancer de multiples initiatives visant à réduire les risques dans le système de santé comme la publication de démarches préventives en 2002 par le *National Quality Forum* (NQF) et leur implémentation dans 11 hôpitaux américains par la JCAHO, en 2003 (Leape & Berwick, 2005).

Pour illustrer ces chiffres liés à l'accidentologie, nous présentons au lecteur un cas clinique, dont l'étude met en avant l'importance de l'étude des mécanismes cognitifs dans la recherche sur la sécurité du patient et sur la gestion des risques au bloc opératoire :

« Just a routine operation »

« Elaine Bromiley est une femme de 37 ans en bonne santé qui rentre au bloc opératoire pour traiter une sinusite chronique. Lors de la phase préopératoire, l'anesthésiste n'arrive pas à placer le masque d'intubation. Le diagnostic établi est que le blocage résulte d'une anesthésie peu efficace. L'anesthésiste prend la décision d'augmenter le dosage des drogues anesthésiques. Pendant ce temps l'infirmière signale la disponibilité du matériel pour désobstruer la voie respiratoire. L'infirmière ne parvient pas à se faire entendre. Après l'échec du surdosage, l'équipe décide de laisser Elaine Bromiley se réveiller naturellement.

Du fait sa voie respiratoire toujours obstruée...

... Elaine Bromiley décédera en salle de réveil... »

Ce cas d'étude est connu : tous les opérateurs étaient experts, ils avaient tous les compétences techniques requises. Les voies respiratoires étaient obstruées mais les opérateurs étaient concentrés sur l'intubation. Suite au décès de sa femme, Martin Bromiley fonda le *Clinical Human Factors Group*, en 2007. Les leçons que le groupe tire de ce cas mettent en avant des facteurs fortement liés aux thématiques de la psychologie cognitive et ergonomique, les causes établies sont (Carthey & Clarck, 2009 ; Fisher & Scott, 2013 ; Gluyas & Morrison, 2013 ; Harmer, 2005)

- **Le travail d'équipe et le leadership** : il n'y avait aucun leader et personne n'a pris le contrôle de la situation entraînant une faille dans le processus de **prise de décision**.
- La **communication** : la communication entre les infirmières et l'équipe chirurgicale était dégradée, ce qui a pu également augmenter de par la perception de l'autorité et de la hiérarchie.
- La **culture** : l'infirmière après avoir reconnu la situation et préparé le matériel chirurgical, n'a pas su passer outre la voie hiérarchique et proposer son point de vue à l'équipe d'anesthésistes.
- **La perception, la cognition et la charge mentale** : les opérateurs, sous stress, ont passé plusieurs étapes des recommandations officielles.
- La perte de **conscience de la situation** : les anesthésistes étaient trop concentrés sur l'intubation et n'ont pas vérifié d'autres sources **d'informations**, notamment l'état clinique de la patiente.

Dans le cadre de ce travail de thèse, nous nous concentrerons principalement sur la communication et la conscience de la situation entre et par les différents opérateurs du bloc opératoire. A travers ces deux facteurs, les caractéristiques cognitives de l'humain prégnantes dans le domaine de la santé et de la sécurité du patient incluent le traitement de l'information, la prise de décision, la connaissance, l'expertise et l'erreur humaine (Carayon, 2012).

La recherche en psychologie cognitive et ergonomique contient déjà de nombreuses contributions sur les processus liés à la prise de décision, depuis la théorie des jeux (Luce & Raiffa, 1957) appartenant au cadre de la *Classical Decision Making* (CDM) ou du *Recognition Primed decision* de Klein (1993) appartenant au cadre de la *Naturalistic Decision Making* (NDM), en passant par les travaux de Tversky et Kahneman (1974) sur les jugements et biais dans la décision humaine. Néanmoins, ces recherches observent davantage les comportements en aval, du côté de l'action et du résultat de la décision et moins en amont, du côté des comportements informationnels, à savoir toutes activités qu'une personne peut entreprendre lorsqu'elle identifie un besoin, tels que la recherche d'information, l'utilisation d'information ou le

transfert d'information (Wilson, 1999). Les modèles en psychologie ergonomique mettent l'accent sur la relation entre prise d'informations et actions. Le modèle de Rasmussen (1986), que nous présenterons dans le chapitre 2, expose, par exemple, l'information comme un objet permettant de passer du stade de l'analyse de la situation à la planification de l'action. Dans la perspective de Rasmussen, l'observation des comportements informationnels d'un individu est remplacée par celle de ses décisions, ces dernières étant plus faciles à définir et à observer, et donc à manipuler expérimentalement (Fidel, 2012). Chaque niveau de l'échelle présentée dans le modèle de Rasmussen est donc susceptible de générer un besoin d'informations (Fidel, 2012) (et des comportements informationnels subséquents).

Si la prise de décision est considérée, tant par la psychologie cognitive qu'ergonomique, comme étant un processus à part entière, le volet contextuel dont dépendent les informations semble être souvent écarté des champs d'investigation.

Dans ce travail de thèse, nous nous intéresserons donc plus particulièrement aux sous-mécanismes, situés en amont de ces modèles, ceux liés au besoin et à la prise d'informations. Le Coadic (2007, p. 24-25) définit le besoin d'information de la façon suivante :

« Le besoin d'information, ici dirigé par un but est dérivé de besoins matériels commandés par la réalisation des activités humaines, activités professionnelles et activités individuelles [...] l'information reste le moyen de déclencher une action finalisée ; elle est la condition nécessaire à l'efficacité de cette action [...] l'informel reste fortement déterminant de la prise d'information ».

L'axe d'étude choisi pour les travaux de cette thèse s'articule autour de la manipulation des informations par les opérateurs d'équipes chirurgicales. Nous soutenons la thèse d'un rôle, au moins aussi important, des comportements informationnels dans l'élaboration de représentation de la situation, que le rôle tenu par la prise de décision.

Ce travail de thèse s'articule comme suit.

Dans le premier chapitre, nous définirons l'environnement dans lequel ces opérateurs évoluent et présenterons une vision systémique des interactions entre les opérateurs et leur environnement. D'un point de vue théorique nous nous interrogerons sur la relation entre l'organisation d'un système et la gestion de l'information par les agents de ce système. Nous y aborderons les champs de « l'interaction humain-information », soit le champ de recherche qui investigate les différentes façons dont l'humain interagit avec l'information (Fidel, 2012). Plus précisément, nous y aborderons la gestion des informations complexes dans les systèmes dynamiques et complexes. Enfin nous étudierons l'application de la vision systémique au monde du bloc opératoire.

Dans le deuxième chapitre, nous aborderons les théories et modèles de prise de conscience de la situation, notamment, le modèle de *Situation Awareness* d'Endsley (1995) et comment les comportements de besoin et recherche d'informations permettent d'expliquer certaines interactions entre les différents niveaux du modèle. Nous ferons également l'analyse d'autres modèles de la gestion des situations dynamiques, tels que celui de Hoc et Amalberti (1994), pouvant expliquer les comportements de coopération et de communication entre les opérateurs du bloc.

Le troisième et dernier chapitre théorique porte sur les compétences non techniques des opérateurs du bloc, c'est-à-dire les compétences relevant des domaines cognitif, social et personnel venant appuyer les compétences techniques et contribuant à améliorer la sécurité dans l'environnement de travail (Flin, O'Connor, & Crichton, 2008 ; Flin & Maran, 2015). Nous mettrons l'accent sur les compétences faisant intervenir la gestion des informations puis nous terminerons cette partie théorique par une revue des dispositifs d'apprentissage ciblant le personnel du bloc opératoire et intégrant la formation aux compétences non techniques.

Suite à ces trois chapitres théoriques, nous présenterons nos trois chapitres empiriques. Dans le premier chapitre empirique, nous nous poserons les questions des pratiques de communications entre les opérateurs. Pour cela, nous mettrons en place une étude de terrain nous permettant de récolter des données afin d'observer les comportements liés à leurs pratiques communicatives et informationnelles en les observant dans un premier temps en situation naturelle, puis dans une simulation de cas dégradé. Dans le second chapitre empirique, nous essaierons ensuite de comprendre en quoi leurs comportements informationnels nous permettent d'inférer sur leurs comportements liés à la prise de conscience de la situation. Puis, au-delà de la compréhension des sous-mécanismes cognitifs liés aux comportements informationnels humains dans la prise de conscience de la situation, l'idée serait de proposer, dans un troisième et dernier chapitre empirique, des leviers pour soutenir la prise d'information des opérateurs et ainsi faciliter la gestion des situations à risques ou dégradées. En effet, l'intérêt majeur de ces deux études est leur ancrage dans la réalité du terrain, en situation naturelle ou proche de situation naturelle. En ce sens, ces travaux relèvent tant de la psychologie cognitive que de la psychologie ergonomique (Cegarra, 2012). Plus que l'application de modèle théorique à l'étude et la compréhension de situations naturelles, nous souhaitons être à même de proposer des recommandations pour la conception d'outils numériques, plus particulièrement de serious games. Pour terminer, nous discuterons de la part des comportements informationnels dans la prise de conscience de la situation et des éléments venant moduler ces comportements, nous verrons également comment 3DVOR prend en compte la problématique des comportements informationnels dans son design.

CHAPITRE 1 : LA RELATION SYSTEME- INFORMATIONS : DYNAMISME ET COMPLEXITÉ, L'EXEMPLE DU BLOC OPÉRATOIRE

Le terrain d'étude de cette thèse porte sur la recherche d'informations dans l'environnement du bloc opératoire et dans sa représentation virtuelle dans un dispositif de formation. Ce chapitre s'attache à poser les notions qui encadrent ce terrain. Nous mettrons donc en perspective les concepts de système dynamique et complexe avec les concepts de comportements informationnels, de communication et d'interactions entre les membres d'une équipe au sein d'un système.

Dans le cadre de la littérature sur la gestion des risques, le bloc opératoire est, depuis une vingtaine d'années déjà, considéré comme étant un système dynamique et complexe. En prenant le parti d'étudier le bloc opératoire et plus généralement les environnements liés à la santé, la recherche sur la sécurité des patients déplace l'origine des risques des individus vers l'organisation du travail dans laquelle ils évoluent (Vincent, 2010). Bien que les risques n'aient pas encore disparu des préoccupations de la recherche en ergonomie et en santé, cette perspective a mis en lumière l'importance de la communication et du partage d'informations entre les opérateurs et plus généralement du travail d'équipe (Reason, 1990, 2013 ; Vincente, Mumaw, & Roth, 2004 ; Flin, O'Connor, & Crichton, 2008 ; Henrickson, Parker, & Perry, 2015 ; Parush, 2015).

Dans cette partie, nous évoquerons les différents aspects des systèmes en jeu dans l'analyse du comportement des opérateurs au bloc opératoire, nous analyserons la littérature sur le caractère informationnel des systèmes, sur leur caractère complexe puis dynamique.

1.1 LE CARACTÈRE INFORMATIONNEL DES SYSTÈMES

Le biologiste Ludwig Von Bertalanffy (1968) définit, dans sa théorie Générale des Systèmes, un système comme un ensemble de composants ou de représentations organisés dans un tout par interaction, sommation, mécanisation, centralisation, compétition ou finalité... et qui s'appliquent à des phénomènes concrets. Ces systèmes se retrouvent selon lui partout, nous garderons de sa description deux courants majeurs décrivant les systèmes qui nous intéressent ici :

- La théorie de l'information selon Shannon et Weaver (1965) qui donne un statut quantifiable et mesurable de l'information à travers les communications.
- La cybernétique (Wiener, 1965) qui est une théorie des systèmes de contrôle basée sur :
 - o La communication (ici transfert d'informations) tant entre le système et son environnement qu'à l'intérieur même du système.
 - o Le contrôle de la fonction du système au regard de son environnement.

La notion de contrôle représente une adaptation aux perturbations émises par l'environnement, en vue d'une stabilisation du système et donc d'une réduction des risques. La figure 1.1 montre l'interaction entre les boucles de feedback générées par le contrôle de l'état en cours du système et les boucles de feedforward générées par la projection des états futurs du système. Le dernier système de ce modèle, le contrôleur adaptatif permet d'ajuster le comportement du système en fonction des buts désirés (Smith, 2014) (cf. figure 1.1).

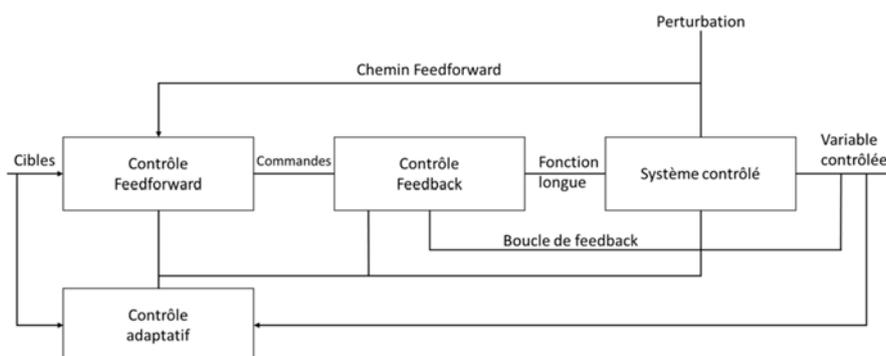


Figure 1.1 : schéma fonctionnel des mécanismes adaptatifs d'un système (traduit de Smith, 2014)

Nous voyons donc déjà apparaître à travers ces définitions l'importance de la perception et du traitement de l'information dans le contrôle et la gestion d'un système cette gestion s'effectue en trois étapes dans l'environnement :

1. Perception des stimuli générés,
2. Intégration et représentation des informations contenues dans ces stimuli,
3. Projection des états futurs du système.

1.2 LE CARACTÈRE COMPLEXE DES SYSTÈMES

Les systèmes sont composés d'éléments de différents niveaux hiérarchiques, parties, unités, sous-systèmes qui uniquement par leurs agissements concertés permettent l'achèvement de ces buts. Leur niveau de complexité vient du nombre d'éléments présents dans ce système et des relations entre ces éléments (Perrow, 1984 ; Kluge, 2014). C'est ce niveau de complexité ajouté à la complexité des tâches réalisées par les opérateurs du système qui est à l'origine de dysfonctionnements et d'erreurs (Woods & Hollnagel, 2006 ; Hollnagel, 2014). Le facteur primordial qui différencie les systèmes complexes des autres types de systèmes est la capacité des opérateurs à comprendre et intégrer mentalement les comportements de ce système, et pour ce faire à acquérir suffisamment de connaissances (Leveson, 2011) afin d'y évoluer sans risque.

Au regard de la gestion des risques, Leveson (2011) définit 4 types de complexité :

- La complexité interactive qui émerge des interactions entre les composants du système.
- La complexité « non linéaire » qui apparaît lorsque le lien entre les causes et les effets n'est pas évident.
- La complexité « décompositionnelle » qui est liée à la manière dont les opérateurs décomposent le système en sous-parties.
- La complexité dynamique qui est liée à la compréhension des changements d'état du système à travers le temps.

De ces 4 types, nous nous intéresserons plus particulièrement au dernier. Les systèmes ne sont pas statiques, à chaque génération de comportement de la part d'un opérateur apparaît un nouvel état. Ces états ainsi créés sont plus susceptibles de diriger le système vers un niveau de risque élevé (Rasmussen, 1997 ; Leveson, 2011).

Enfin, à l'instar de Leplat (1985, 2015), nous citerons Rasmussen et Lind (1981) :

« La complexité observée dépend de la résolution (ndlt. niveau de détail) durant l'activité de recherche d'informations. Un simple objet peut devenir complexe lorsqu'on l'observe au microscope. La complexité objective ne peut être définie que pour une représentation donnée d'un système pas pour le système lui-même. » (Notre traduction)

La complexité d'un système est donc dépendante de la représentation mentale que s'en fait un individu. Or ses comportements informationnels ont une influence sur la construction de sa représentation situationnelle. Donc non seulement la complexité d'un système dépend de facteurs externes aux entités individuelles mais également de leurs propres capacités (Leplat, 1985) et donc de leur expérience du système.

1.3 LE CARACTÈRE DYNAMIQUE DES SYSTÈMES

Brehmer (1992) définit le caractère évolutif d'un système à travers les prises de décision dynamiques des agents d'un système donné. Un système change d'état, chaque changement d'état est engendré par l'action d'un des opérateurs du système et se rapproche du but établi par le système (ex: soigner un patient), les décisions prises par les opérateurs sont donc dépendantes les unes des autres car elles dépendent des résultats obtenus par les précédentes, donc des états courants.

Un système dynamique possède 4 caractéristiques :

- Il est dirigé par un but.
- Il est possible d'y définir un état particulier.
- Cet état doit pouvoir être affecté par une action.
- Il doit pouvoir être modélisé, représenté.

Ce type de système doit pouvoir être observé et contrôlé par des signaux de feedback ou de feedforward (Brehmer, 1992 ; Smith, 2014). Chaque information issue de ces signaux venant mettre à jour le modèle du système. Les signaux d'entrée externes $u(t)$ ont pour tout « t » donné une réponse produite par un ensemble de signaux $y(t)$ (Worm, 2001). Contrairement aux représentations circulaires de la mise à jour d'un système illustrant l'effet des boucles de feedback and forward (Smith, 2014 ; Qudrat Ullah, 2015). La représentation de Rapoport (1975) illustre bien le caractère temporel de la mise à jour du système ; voir figure 1.2 où « x » représente l'état du système à un moment « N » (variant de n à 1), « e » représente un événement de l'environnement et « d », une décision affectant l'état du système.

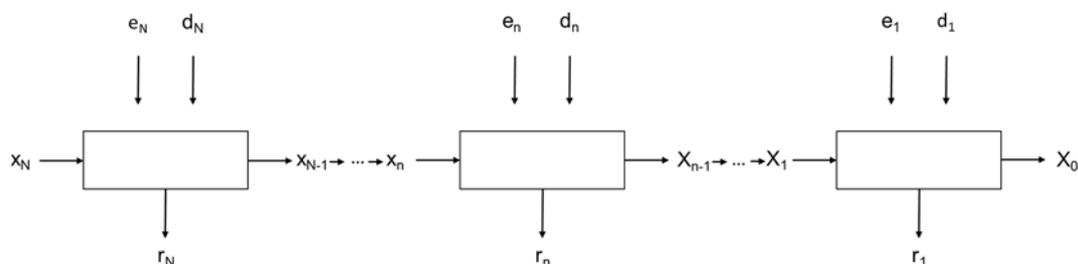


Figure 1.2 : modélisation de l'évolution d'un système (adapté de Rapoport, 1975)

Ce type de représentation illustre également le caractère associatif des informations traitées lors de la mise à jour du modèle, l'information étant régulée en temps réel entre chaque état et toute information est issue du traitement d'une information précédente (Connant & Ashby, 1970).

Brehmer et Allard (1991) proposent 6 dimensions selon lesquelles ces systèmes complexes et dynamiques peuvent varier. Si ces auteurs appréhendent ces dimensions comme étant des caractères intrinsèques d'une situation dynamique, Hoc (1996) définit ces dimensions du point de vue du traitement cognitif de l'opérateur en interaction avec la tâche qu'il accomplit ; l'opérateur, l'agent cognitif, n'a pas un contrôle total sur cette situation d'interaction. Nous faisons ici le parallèle entre ces deux points de vue.

1. Un système est défini par sa **complexité**, c'est-à-dire le nombre d'éléments d'un système ainsi que le nombre de relations qu'ils entretiennent. Lors d'un événement non généré par un opérateur, les causes de cet événement peuvent être multiples, plus le nombre de cause est élevé, plus leur identification est complexe et le nombre d'informations liées augmente. De plus, si le nombre d'informations liées à un processus en cours est trop important pour être cognitivement traitée, l'opérateur va se concentrer sur un nombre plus raisonnable d'informations puis se créer une représentation de la situation en cours, un modèle du système à un temps « n » donnée, en complétant les informations manquantes par un mécanisme d'inférences.
2. Un système est défini par sa capacité à émettre des **feedbacks**, toute information du système constitue une information de feedback.
3. Le **délai des feedbacks** peut varier, certaines informations issues de ces feedbacks ne peuvent être observables qu'après un certain délai rendant le lien de causalité plus difficile à établir. Si le délai est long, il peut recouvrir d'autres événements et leurs actions liées, il devient alors difficile de déterminer la source originelle du feedback. C'est la notion de **proximité du contrôle** chez Hoc (1996).
4. La **vitesse de changement** des états varie d'un système à un autre. Si la vitesse d'évolution est lente, le côté dynamique du système peut alors être négligé, les actions entreprises seront perçues comme étant issues de décisions indépendantes les unes des autres, ou bien la vitesse peut être, au contraire, trop rapide pour que les informations issues des feedbacks puissent être traitées par les agents (Brehmer & Allard, 1991). Le caractère dynamique d'une situation peut être représenté comme une évolution permanente des processus ou être représenté comme une succession d'états, un nombre discret d'étapes. Cette discrétisation rend le traitement plus simple pour un opérateur humain. La vitesse de déroulement d'un processus peut avoir un impact sur les

stratégies employées par l'opérateur pour organiser ses prises de décision. Si le temps ne le permet pas, il ne pourra modifier ses plans d'actions, ses planifications en cours de route, et utilisera le plan initial.

5. Les **relations** entre les caractéristiques d'un événement (ex : rapidité de l'événement) et le processus de contrôle de cet événement (ex : rapidité du processus de contrôle).
6. Le **nombre d'opérateurs** en interaction dans le système.

1.4 LE BLOC OPÉRATOIRE, UN SYSTÈME COMPLEXE ET DYNAMIQUE

Le fonctionnement organisationnel du bloc opératoire reprend les caractéristiques des systèmes complexes et dynamiques (Dunn & al., 2013). Il est composé de multiples agents, Comme le montre la position habituelle des opérateurs sur la figure 1.3.

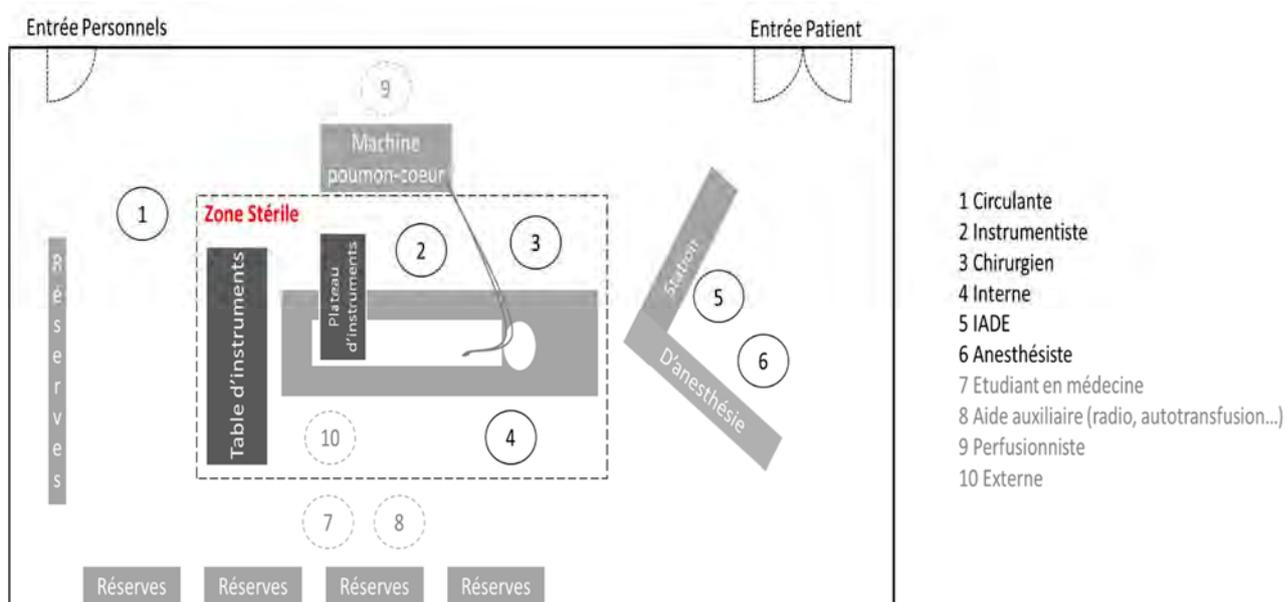


Figure 1.3: situation typique au bloc opératoire (adapté de Henrickson & Perry, 2015)

Les opérateurs principaux (représentés par les cercles en traits pleins) sont repartis dans deux zones d'opérations distinctes : La zone stérile et la zone non stérile (i.e. à plus de 30 cm du patient, extérieur du rectangle, cf. figure 1.3).

Les opérateurs agissant dans la zone stérile du bloc opératoire sont :

- **Le/la chirurgien(ne)** : il/elle s'occupe du diagnostic préopératoire, il/elle réalise l'acte chirurgical et gère les soins postopératoires.
- **L'interne** : il/elle aide à maintenir la visibilité du site opératoire, il/elle contrôle les saignements et referme les plaies.
- **L'infirmier(ère) instrumentiste** : son rôle doit permettre de maintenir l'intégrité et l'efficacité de la zone stérile. Il/elle doit également pouvoir contrôler les différents facteurs de risques liés à la contamination.

Les opérateurs agissant dans la zone non stérile du bloc opératoire sont :

- **L'infirmier(ère) circulant(e)** : son rôle consiste à assurer la communication entre les acteurs extérieurs au bloc et les opérateurs stériles. Il/elle doit également être en mesure de répondre aux attentes du chirurgien et de l'instrumentiste en fournissant les différents consommables (compresses, sérum physiologique, instruments manquants...), et doit pouvoir contrôler les champs stériles et l'évacuation à partir des drains.
- **L'IADE** (infirmier(ère) anesthésiste diplômé(e) d'état) : surveille le bon déroulement de l'anesthésie durant l'opération, puis pendant le réveil du patient. Il/Elle ajuste les doses en suivant le plan anesthésique établi par le MAR (médecin anesthésiste réanimateur), sous la surveillance de ce dernier. L'IADE peut appliquer les techniques d'anesthésie générale ou locale et pratiquer une réanimation opératoire.
- **Le MAR** (médecin anesthésiste réanimateur) : évalue l'état du patient en phase préopératoire et prépare le plan anesthésique. Il/elle peut également réaliser l'anesthésie du patient et la réanimation. Il/elle doit assurer ensuite le suivi postopératoire.

L'ensemble de ces opérateurs forment donc ce que l'on nomme l'équipe chirurgicale. Ils peuvent également se diviser en trois groupes fonctionnels distincts (Undre, Healey, Darzi, & Vincent, 2006) :

- Le corps chirurgical,
- Le corps infirmier,
- Le corps anesthésique.

Ajoutons à cette équipe, les agents artefacts telles que la machine cœur-poumon, qui permet une circulation externalisée du sang oxygéné chez le patient et qui agit ainsi sur l'un des éléments du système et/ou les stations d'anesthésie qui permettent un feedback sur les signes vitaux du patient (cf. figure 1.4).

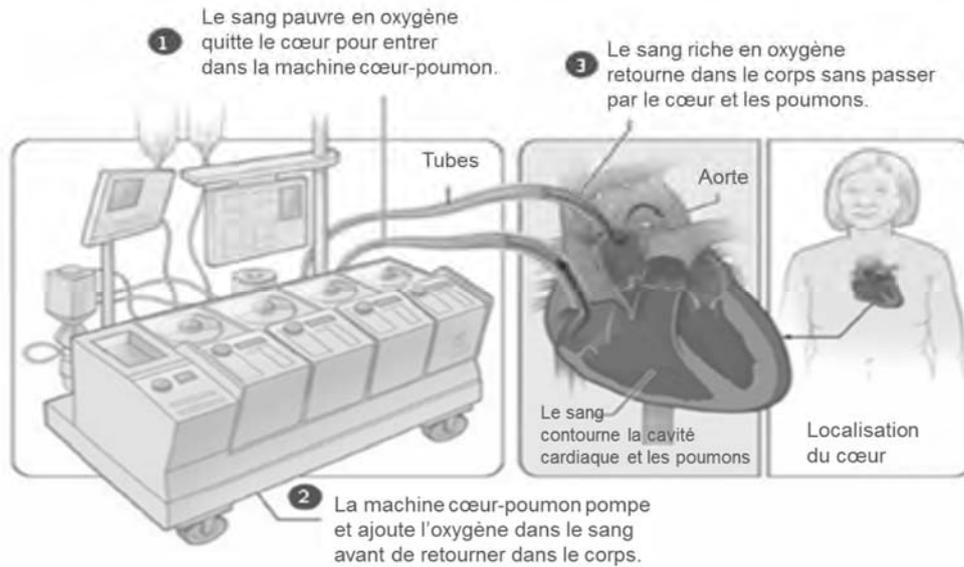


Figure 1.4 : représentation fonctionnelle de la machine cœur-poumon (adapté de Henrikson & Perry, 2015)

Au sein même du bloc opératoire, chacun des composants humains ou artefact sont en relation d'interdépendance les uns avec les autres. La figure 1.5 illustre l'interdépendance entre les différents composants appliqués à une opération chirurgicale en laparoscopie (observation vidéo de l'intérieur de l'abdomen).

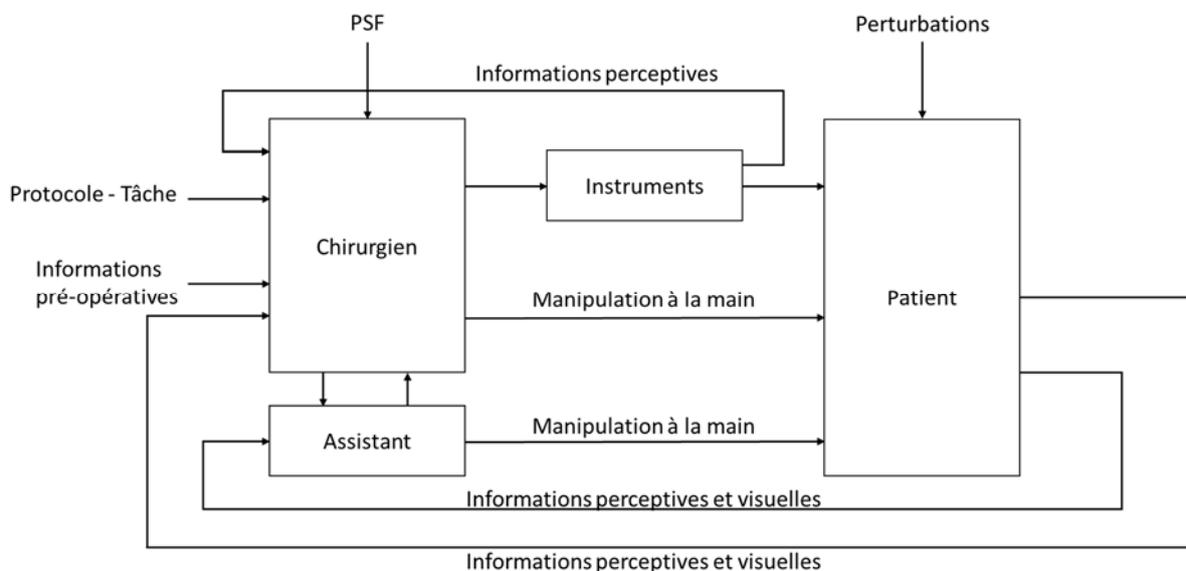


Figure 1.5 : schéma fonctionnel des interactions entre agents et environnement chirurgical (traduit de Stassen, Grimbergen, & Dankelman, 2004)

Le chirurgien et son assistant agissent de concert sur le patient chacun ayant créé son propre modèle du système à partir des informations antérieures à l'opération (diagnostics préopératoires, déroulement des protocoles choisis pour l'opération...), des feedbacks visuels (état du patient) et des transferts d'informations entre le duo d'opérateurs.

Ce système peut être décomposé en sous-systèmes (Stassen, Grimbergen, & Dankelman, 2004) :

- Les personnes appliquant les protocoles de soin (chirurgien, interne).
- Les personnes assistant le chirurgien (circulante, instrumentiste...).
- Les instruments (de mesures, de chirurgie...).
- La personne réceptrice des actions (le patient).

De plus l'environnement et les facteurs individuels (ex : fatigue) peuvent être source de perturbation, rendant les changements d'état du système indépendant de la volonté des opérateurs (situation dynamique). C'est ce que les auteurs nomment PSF : *Performance Shapping Factors*.

Enfin la particularité de ce type d'opération réside dans le fait que le chirurgien n'est pas en contact direct avec le patient. L'interaction entre ces deux sous-systèmes se fait par l'intermédiaire du sous-système instrument (caméra microscopique). Il n'y a pas de contact visuel direct, ni de rendu en trois dimensions du sous-système « patient », ou de contact kinesthésique. La qualité des feedbacks est donc réduite par rapport à un contact direct. Pour finir, la multiplicité des sources d'informations (scope, interne, vidéoscope...) augmente le délai d'acquisition du feedback par le chirurgien.

Ce système rentre dans un cadre sociotechnique plus large décrit, notamment, par le modèle SEIP *System Engineering Initiative for Patient Safety* (Carayon et al., 2006) (cf. figure 1.6).

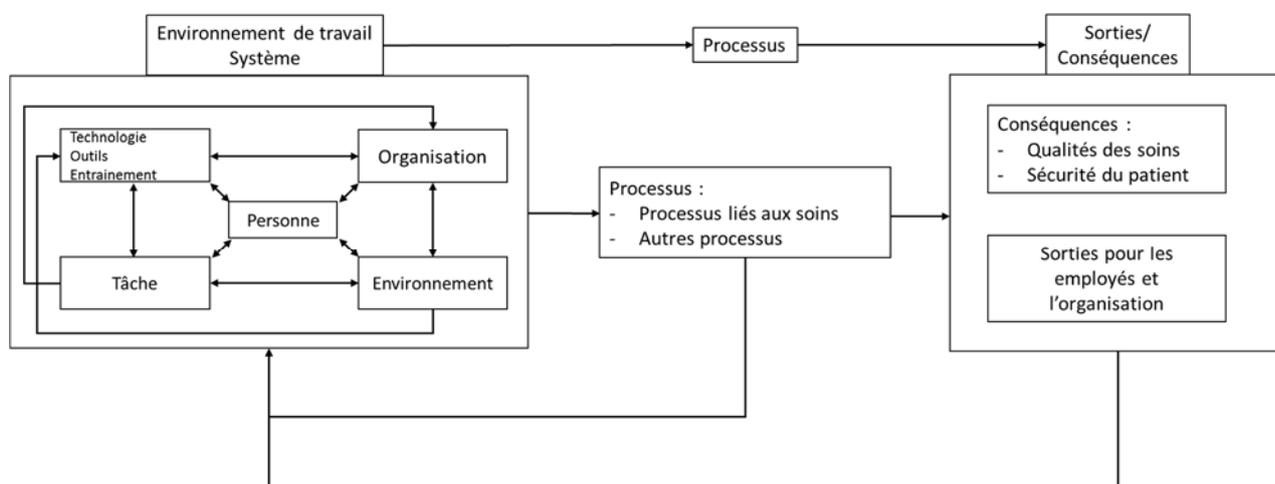


Figure 1.6 : modèle SEIP (adapté de Carayon et al., 2006, 2012)

Le système de travail possède cinq composantes (Carayonet al., 2006 ; Carayon, Alvarado, & Schoofs Hundt, 2012) :

- **Les personnes** qui sont tant les opérateurs de l'équipe chirurgicale que les différents observateurs présents ainsi que le patient et sa famille. Chacune de ces personnes possédant des caractéristiques physiques (poids, taille... présence physique dans l'environnement), des caractéristiques psychosociales (motivation, besoins et tolérance à l'ambiguïté) et des caractéristiques cognitives (expertise, connaissances, processus de traitement de l'information).
- **Les tâches**, que ce soit les tâches prescrites par l'organisation du travail ou l'activité réelle de la personne, sont définies de multiples façons : difficulté, contenu, répétition, nombre de personne en interaction, incertitude, feedback, autonomie ou contrôle...
- **Les outils et technologies**, simples (papier-crayon) ou complexes (IRM...). Ils augmentent les capacités des personnes et interagissent avec elles dans une perspective de support. Ils peuvent être plus ou moins consommateurs de ressources cognitives.
- **L'environnement physique** qui se caractérise par les éléments suivants : bruit, éclairage, température, humidité, espace, configuration spatiale. L'environnement interagit également avec les caractéristiques de la personne (la configuration spatiale permet, entre autre, de faciliter la communication entre les personnes).
- **Les conditions organisationnelles** influencent la manière dont les tâches sont menées par le planning des opérations, la culture de travail spécifique du service hospitalier ou la supervision des internes/externes dans une dynamique d'enseignement (centre hospitalier universitaire ou non).

Ce système est dirigé par un but, qui est l'amélioration des conditions vitales du patient.

Bien que les différents états de ce système ne soient pas facilement identifiables, il existe une typologie qui distingue différentes phases lors d'une opération chirurgicale¹ :

- Préopératoire : avant l'opération.
Exemple : on parle de récupération de données scanner préopératoire, c'est à dire que le scanner a été effectué avant l'opération.
- Peropératoire : durant l'opération
Exemple : on parle d'utilisation des données peropératoire pour les données vitales d'un patient lorsque celles-ci évoluent au cours de l'opération

¹ Exemple issu du site « <http://www.surgetics.org/> »

- Postopératoire : après l'opération

Exemple : on parle souvent de complications post-opératoires, ce sont des complications qui sont dues à l'opération. Le système change de phase sous l'action combinée des différents opérateurs.

Le transfert d'informations entre les personnes du système dépend de l'avancement de leur activité. La communication de ces informations peut prendre plusieurs médias et n'est pas toujours pleinement opérationnelle (Parker, Yule, Flin, & McKinley, 2012). Les informations nécessaires résident dans de multiples localisations (scope, modèle du système d'un opérateur en particulier...) et doivent traverser de multiple sous-systèmes (exemple d'une équipe opérative en zone stérile à une équipe administrative *via* l'équipe opérative non stérile, lorsqu'un chirurgien annonce aux cadres du bloc en charge du planning, une anomalie dans l'opération en cours).

CHAPITRE 2 : LA REPRÉSENTATION DE LA SITUATION

Nous avons vu, dans les précédents chapitres, que l'organisation du travail au bloc opératoire peut être envisagée du point de vue systémique comme une situation contenant un ensemble d'éléments en interaction les uns avec les autres. Ce type d'environnement nécessite de développer et d'entraîner des compétences spécifiques dites non-techniques. De l'analyse des compétences étudiées, nous insisterons sur les compétences liées à la conscience de la situation et au travail d'équipe (cf. le cas d'Elaine Bromiley, Introduction). Le but de ce chapitre est de mettre en perspective ces compétences avec les modèles de représentations de la situation dans le cas spécifique du bloc opératoire.

La notion de conscience de la situation (CS) est fortement liée à l'expérience, à l'intégration des connaissances et aux situations dynamiques (Hartman, 1991 ; Sarter & Woods, 1991). Elle fut d'abord étudiée par Oswald Boelcke, dans son « Diktat Boelcke », un ensemble de règles édictées dans le cadre de la préparation allemande aux opérations militaires durant la Première guerre mondiale. Ce Diktat avait pour but de déterminer des méthodes pour repérer les ennemis avant d'être soit même repéré (Gilson, 1995 cité par Stanton, Chambers & Piggott, 2001 ; Wellens, 1993). Ce concept est maintenant utilisé également dans les domaines tels que le contrôle aérien, la gestion des centrales nucléaires et la médecine (Jones & Endsley, 2011).

2.1 L'ÉLABORATION D'UNE CONSCIENCE DE LA SITUATION

2.1.1 Le modèle d'Endsley

La définition la plus utilisée est celle proposée par Endsley (1995, p.36, notre traduction): « *La conscience de la situation correspond à la perception des éléments dans un environnement défini dans le temps et l'espace, la compréhension de leur signification et la projection de leur évolution dans un futur proche* ». Ce concept est généralement utilisé dans des situations de terrain, orientées par des buts finalisés. La conscience de la situation permet d'analyser les informations perçues dans l'environnement, de se créer un modèle mental de la situation et ainsi d'orienter la prise de décision en fonction des buts définis. Ce modèle fait intervenir des mécanismes cognitifs tels que la perception et l'attention, la recherche d'informations, la prise de décision, la mémoire de travail et l'élaboration de modèles mentaux.

La CS est également modulée par les mécanismes de stress, d'émotions, de charge mentale et d'expérience (Jones & Endsley, 2011) (cf. figure 2.1).

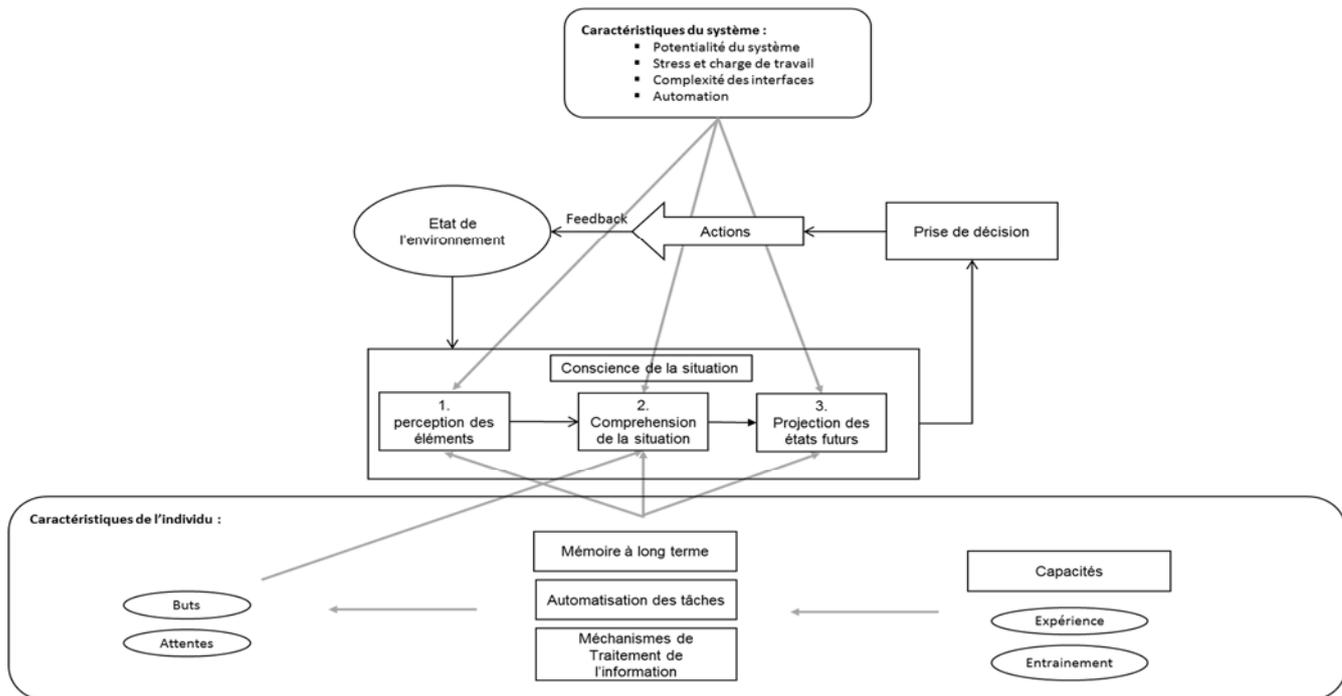


Figure 2.1 : Schéma du concept de Conscience de Situation (adapté de Endsley, 1995)

La définition d'Endsley décrit 3 étapes principales, 3 niveaux dans l'élaboration de la conscience de la situation : le niveau de perception, le niveau de compréhension, le niveau de projection.

Le premier niveau permet de **percevoir** les éléments d'un environnement déterminé. Les compétences liées à la perception varient grandement selon les domaines d'application. A ce niveau l'opérateur perçoit l'état, les attributs et la dynamique des éléments principaux de l'environnement. Dans le cas du bloc opératoire, les informations sont perçues principalement par les modalités visuelles et auditives (battements du cœur, patterns visuels sur un signal d'électrocardiogramme, etc.). Les sources d'informations principales émanant des autres opérateurs présents au bloc sont perçues sous forme de communications verbales ou non-verbales. La détection de ces signaux peut être gênée par des informations ou bruits parasites transmis par des sources humaines ou artificielles et entraîner une perte d'informations et des événements non désirés.

Le second niveau permet **d'interpréter la situation**, de se créer à partir des informations perçues une représentation fonctionnelle de la situation en accord avec les buts générés. L'incongruence des informations perçues et le niveau d'expertise de l'opérateur ont un impact

fort sur la qualité de ce niveau. Un opérateur peut tout à fait percevoir suffisamment d'informations issues de l'environnement pour pouvoir atteindre ses objectifs mais manquer d'expertise dans son domaine d'application pour juger de la pertinence et/ou de l'importance des informations perçues. Les événements indésirables peuvent alors se produire suite à une mauvaise priorisation/sélection des informations dans l'élaboration de la représentation fonctionnelle.

Le troisième niveau permet à l'opérateur de **prédire l'état futur du système** dans lequel il évolue. Une bonne connaissance du domaine d'application et une représentation fonctionnelle en adéquation avec la situation et les objectifs (donc un niveau 2 de qualité) sont nécessaires à l'achèvement de ce niveau. Les experts du domaine passent significativement plus de temps à élaborer ce niveau que des opérateurs plus novices. Il leur permet, ainsi, de mieux anticiper les actions à produire et les réactions du système. Les erreurs à ce niveau sont essentiellement liées à la qualité des deux niveaux inférieurs ou au fait d'allouer trop de ressources à ce niveau et de ne plus pouvoir percevoir les modifications de l'environnement et donc d'avoir une représentation fonctionnelle erronée de la situation.

L'intégration au niveau 2 des informations du niveau 1, issues de l'environnement, se fait avec les informations présentes en mémoire à long terme relatives aux facteurs individuels et environnementaux. Ces trois niveaux ne progressent donc pas de façon linéaire mais évoluent ensemble : un individu peut avoir créé un modèle de la situation (niveau 2) sans avoir obtenu toutes les informations normalement acquises par le niveau 1 (Jones & Endsley, 2011). De plus, l'élaboration des niveaux 2 et 3 peut venir moduler la construction du niveau 1 en orientant la recherche d'information.

Les buts, qu'ils soient prescrits par la tâche ou générés par le niveau 3, orientent la détection des informations ainsi que leurs significations déduites ; il en est de même pour les attentes de l'opérateur face aux comportements des divers éléments de l'environnement (Endsley, 2015). La charge mentale nécessaire pour maintenir un niveau efficace de performance dans la prise de conscience de la situation est très importante, néanmoins elle peut être réduite par l'activation et l'utilisation de modèles mentaux stockés en mémoire à long terme et par la capacité à associer un événement à une situation connue (*pattern matching*, Klein, 1993). Cependant Klein (2008) précise que la stratégie rapide du « *pattern matching* » à elle seule serait trop risquée. Un second mécanisme, plus lent, permet de simuler le scénario reconnu dans la situation actuelle. Ce second mécanisme trouve sa place dans le niveau 3. Ces activations et simulations dépendent de l'expérience de l'individu (Salas et Klein, 2001). Aussi la progression dans les trois niveaux de conscience de la situation et les feedbacks générés par l'environnement permettent de mettre à jour ces modèles mentaux (Endsley, 2015). Enfin le modèle d'Endsley

(1995) prend en compte les caractéristiques propres à l'environnement, telles que sa capacité à rendre disponible l'information et à la mettre en valeur, ou la complexité de cet environnement, notamment due au nombre d'éléments présents dans le système et du nombre de leurs relations entre eux ainsi qu'à la rapidité de ses changements d'état (cf. chapitre 1).

Nous venons de présenter le modèle d'Endsley pour un individu unique, or nous l'avons vu lors du précédent chapitre, l'environnement du bloc opératoire demande coordination et coopération de la part de plusieurs individus. Les parties suivantes traitent des différents modèles concernant la prise de conscience de la situation en équipe. Nous reviendrons sur le travail d'équipe au bloc en partie 3.3.

2.1.2 Les modèles de prise de conscience de la situation en équipe

Bolman (1979) évoque la conscience de la situation d'équipe dans sa théorie de la situation dans un contexte d'équipage (*crew's theory of the situation*) comme étant le comportement de recherche et de partage d'informations par un ensemble d'individus pour créer une représentation évolutive et commune de la situation (Salas, Prince, Baker, & Shrestha, 1995 ; Patrick, James, & Ahmed, 2007 ; Salas, Fiore, & Letski, 2011). L'idée est reprise par Wellens (1993), pour lequel la conscience de situation d'équipe serait le partage d'une perspective commune entre deux ou plusieurs individus sur les événements qui les entourent, leur signification et la projection de leur état futur, reprenant le modèle de la conscience de la situation d'Endsley (1995.). Endsley définit également sa vision de la conscience de situation d'équipe comme étant le besoin informationnel de chaque membre de l'équipe selon son activité (Endsley & Robertson, 2000). Parallèlement Artman (2000) définit la conscience de situation d'équipe comme étant la construction d'un modèle de la situation, en partie partagé et en partie distribué, entre deux individus ou plus et qui permet d'anticiper les états futurs de l'environnement dans lequel ils évoluent.

Ces diverses définitions reprennent donc les trois niveaux (perception, compréhension et projection) du modèle de la conscience de la situation (ci-après CS) d'Endsley (1995), et se basent sur la recherche et le partage d'informations dirigées par un but. Le niveau de perception des éléments de l'environnement est grandement influencé par la communication et l'échange d'informations au sein de l'équipe (Salas et al., 1995), la compréhension commune de ces informations étant affectée par le niveau de compréhension de la situation de chacun des membres (CS individuelle niveau 2). Il existe donc un mécanisme cyclique entre la CS

individuelle et la CS d'équipe (cf. figure 2.2). Les membres de l'équipe développent une CS individuelle puis la partagent et construisent une CS d'équipe, celle venant mettre à jour la CS individuelle de chaque membre à partir des informations reçues, et ainsi de suite.

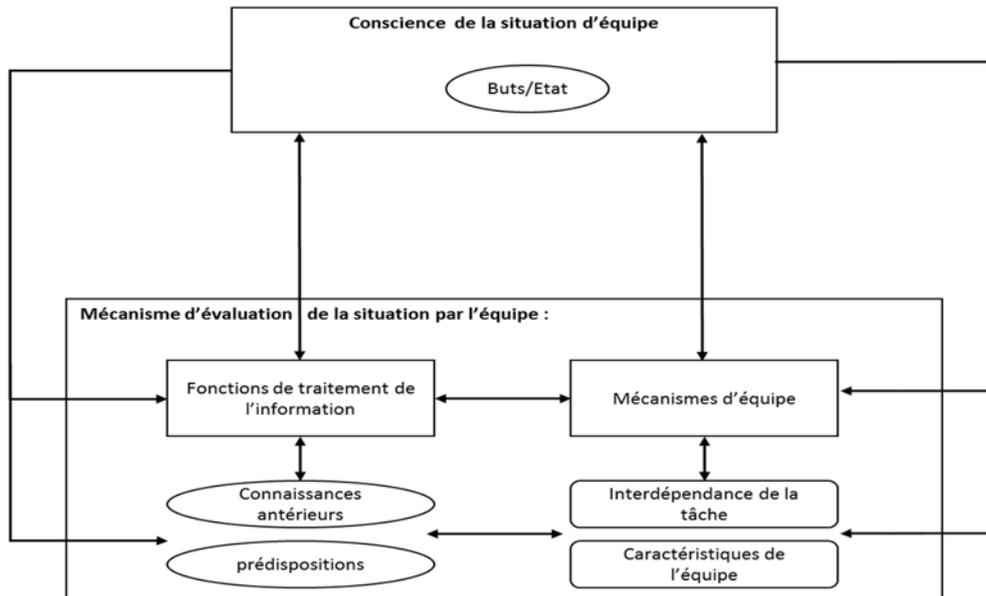


Figure 2.2 : Conceptualisation cyclique de la conscience de situation d'équipe (Salas et al., 1995)

Kaber et Endsley (1998) distinguent la CS d'équipe de la CS partagée. Cette dernière étant définie comme l'intersection des éléments d'un environnement dans lequel chacun des membres de l'équipe doit développer sa propre CS dans le but d'accomplir ses tâches personnelles menant à l'accomplissement du but général (Endsley, 1995). Pour un bon fonctionnement, chaque membre de l'équipe doit posséder une CS individuelle non forcément identique mais très proche (Endsley & Jones, 1997). Le développement des deux CS (individuelle et partagée) se fait alors en parallèle sur les 3 niveaux définis par Endsley, la première au regard des tâches personnelles à accomplir et la seconde au regard du but commun de l'équipe. A ce propos, nous rapprocherons cette idée du concept de **référentiel opératif commun** (Chabaud & De Terssac, 1990). Les auteurs définissent ce référentiel comme « *une représentation partagée par ceux qui ont à réaliser le même objectif et qui est élaborée pour servir la réalisation de cet objectif* » (Chabaud & De Terssac, 1990, p.123), ce concept a trois propriétés :

- Il est **opératif**, c'est-à-dire qu'il permet la réalisation de l'action projetée.
- Il est **élaboré en commun** par les acteurs impliqués dans la réalisation de l'action.
- Il est dépendant **des compétences de chacun**.

2.1.3 La conscience de situation distribuée

Les modèles présentés précédemment se concentrent sur l'activité mentale des individus et leurs interactions mais ne tiennent pas compte des caractéristiques du système ni des agents non-humains interagissant soit entre eux soit avec les agents humains. Stanton (2006) propose une version systémique de la conscience de situation d'équipe, la conscience de situation distribuée. Cette CS n'est donc plus basée sur les individus qui composent l'environnement mais sur le système lui-même et les interactions entre les agents humains ou artefacts qui le composent. Chaque agent du système « *contient* » l'information nécessaire à la construction et au développement de la CS du système (Salmon, Stanton, Walker, & Jenkins, 2009). Ce modèle est composé de 4 mécanismes principaux :

- La théorie des schémas
- Le cycle perceptuel
- La conscience de situation compatible
- La transaction de conscience de situation

Nous allons décrire plus en profondeur ces 4 mécanismes dans les 3 parties suivantes (la conscience de situation compatible et la transaction de conscience de situation seront toutes deux décrites en 3^{ème} partie).

2.1.3.1 La théorie des schémas

Chaque information du système est transmise au moment requis par le mécanisme de transaction de la CS, c'est-à-dire la communication (explicite ou implicite) à propos d'informations liées à la CS et les interactions avec les artefacts (ex : surveillance du scope, consultation du dossier patient). Chaque CS individuelle étant mise à jour par ces transactions, si le niveau de perception de la CS peut être partagé entre les agents du système, les niveaux de compréhension et de projection seront différents car chacun de ces éléments sera interprété différemment selon les objectifs et l'expérience de chacun, et selon le mécanisme lié à la théorie du schéma. Cette théorie vient du modèle de schéma mental développé au début du XX^e siècle. Le schéma représente l'association des informations perçues dans l'environnement aux informations présentes en mémoire à long terme. Salmon et al. (2009) utilisent la théorie du schéma mental de Bartlett de 1932. Bartlett définit ce schéma mental comme suit : « organisation active des réactions ou expériences passées qui devrait, à priori, être impliquée dans toutes réponses adaptées d'un organisme vivant. » (Bartlett, republication de 1995, p.200, notre traduction). Ce schéma permet donc aux individus de s'orienter vers la source d'un stimulus et d'adapter son comportement en fonction (Salmon et al., 2009).

2.1.3.2 Le cycle perceptuel

Ils ajoutent également la théorie du cycle perceptuel de Neisser (1976) pour donner une dimension active au mécanisme de perception, influencé par l'attente des individus par rapport aux stimuli de leur environnement, guidant ainsi leur exploration. L'information relevée vient modifier le schéma préalablement construit et l'individu est prêt à recevoir plus d'informations de la dernière source perçue (ou des sources liées dans son schéma). Ce caractère anticipatoire des schémas démontre la propriété suivante : l'information précédemment acquise détermine celle qui le sera par la suite (Neisser, 1976). La conscience de situation est donc adaptable et dirigée par l'environnement plutôt que par l'activité mentale de l'individu (Smith & Hancock, 1995).

2.1.3.3 La conscience de situation compatible et la transaction de conscience de situation

Enfin, le concept de conscience de la situation compatible est basé sur le fait que deux individus d'un système n'ont pas les mêmes perspectives sur une situation donnée, du fait des différences de leur rôle, de leur expérience, de leurs objectifs particuliers, de leur expertise et de leur schéma mental (Salmon et al., 2009). Les membres de l'équipe n'ont pas besoin de partager une CS avec les autres mais d'être simplement conscients des éléments qu'ils ont en leur possession et qui peuvent être nécessaires à la CS de leurs collègues. Ce n'est donc plus une CS partagée mais compatible. Pour être efficace, une équipe doit alors partager les informations au moment requis et en quantité adéquate au niveau de CS des membres destinataires (Salmon et al., 2009).

2.2 REPRÉSENTATION MENTALE ET PRISE DE DECISION EN SITUATION DYNAMIQUE

La partie suivante décrit plus en détails les mécanismes impliqués au niveau de la compréhension de la situation et leur implication sur les mécanismes de prise de décision.

2.2.1 La recherche d'informations et l'acquisition des connaissances

2.2.1.1 *La recherche d'information et le besoin informationnel dirigé par un but*

La première compétence nécessaire à l'acquisition de connaissances est de reconnaître que l'on manque de connaissances (Le Coadic, 1998 cité par Tricot, 2007 ; Le Coadic, 2007). L'opérateur doit donc définir un besoin d'information. Le Coadic (1998, 2007) distingue le besoin d'information en vue d'obtenir un savoir de celui dont le but est d'agir. Dans le second cas, **le besoin d'information** est une reconnaissance d'un manque de connaissance adéquate pour réaliser un but (O'Case, 2002, 2007). Dans le cas du bloc opératoire, la pluralité des rôles est présente et la répartition des tâches lors d'une opération chirurgicale sont des facteurs déterminants dans la création de ce besoin. Chaque tâche est dirigée par un but d'action qui peut être commun à une partie de l'équipe (ex : positionner le patient sur la table d'opération) ou ne concerner qu'un seul individu (ex : vérifier la réserve de compresses hémostatiques). Certaines de ces tâches nécessitent d'obtenir des informations dans l'environnement pour être effectuées. Les tâches génèrent donc le besoin d'information et celui-ci génère les comportements de recherche d'informations (Leckie, Pettigrew & Sylvain, 1996). Afin de définir ce besoin, il est nécessaire d'avoir un niveau d'expertise suffisamment élevé dans le domaine d'application pour justement prendre conscience du manque de connaissances nécessaires à la réalisation des buts. Cette capacité à prendre conscience du besoin informationnel serait pour Henri et Hay (1994) une compétence non technique nommée « compétence informationnelle ». Cette compétence informationnelle, cette prise de conscience, est une activité métacognitive qui vient activer les comportements de recherche d'information (Marchionini, 1995).

Simplement, la recherche d'informations correspond à un effort conscient pour acquérir de l'information en réponse à un besoin ou un manque dans les connaissances (O'Case, 2002, 2007). Pour Marchionini (1995), **la recherche d'informations** consiste en un ensemble de processus cognitifs permettant de filtrer, comparer et stocker l'information provenant de diverses sources. Ces processus sont stimulés par le désir de chercher et d'intégrer l'information. Cette recherche, si elle se veut efficace, ne peut donc s'effectuer sans connaissances préalables dans le domaine d'application (Tricot, 2007) or la recherche d'informations est fortement liée à

l'expertise d'un individu dans son domaine de compétence (Marchionini, 1995). L'expérience de l'opérateur est donc bien un élément déterminant dans la construction des connaissances. Ces connaissances doivent porter sur le domaine d'expertise de l'opérateur mais également sur l'organisation du système. La recherche d'informations est plus efficace si l'on sait non seulement reconnaître les sources majeures d'informations mais également si on en connaît le fonctionnement. Par exemple, un médecin anesthésiste cherchant à connaître la pression artérielle d'un patient doit savoir identifier l'outil de mesure de cette variable (le scope) et doit également être capable de l'utiliser correctement pour pouvoir l'afficher. Enfin, dans le cas du bloc opératoire, par exemple, le degré de complexité des connaissances nécessaires peut être tel qu'une recherche individuelle ne permettra pas de satisfaire le besoin. Les opérateurs devront alors se répartir les tâches de recherche d'informations afin de construire une connaissance commune permettant de résoudre un problème donné (Reddy & Jansen, 2008). Nous argumentons est que les compétences requises réfèrent tant aux compétences métiers nécessaire à la réalisation de l'action qu'aux compétences informationnelles de chacun ou encore à la prise de conscience du besoin d'informations de chacun des membres de l'équipe.

2.2.1.2 Conscience du besoin d'information et incertitude dans la conscience de situation

En situation dynamique, ce besoin peut être généré par l'incertitude des informations préalablement acquises. Jones et Endsley (2011) définit 5 types d'incertitudes liés à la perception de l'environnement et à la recherche d'informations dans l'élaboration d'une conscience de la situation.

L'incertitude liée au manque d'information : dans le cas d'un document incomplet dans le dossier d'un patient, par exemple une case non renseignée concernant ses antécédents médicaux, il peut être nécessaire de vérifier auprès de différentes sources (fiche d'anesthésie, médecin traitant...) leur existence ou absence.

L'incertitude liée à la crédibilité des informations : certains tests médicaux sont connus pour être plus ou moins efficaces. Il peut être nécessaire de mener d'autres tests si ceux préalablement réalisés ne donnent pas satisfaction au médecin en charge de l'opération.

L'incertitude liée à l'incongruence ou le conflit d'informations entre deux sources : Une équipe chirurgicale dispose de plusieurs sources d'informations pour identifier le patient (bracelet d'identification, fiche patient...). Si deux sources sont contradictoires, il est alors nécessaire de vérifier toutes les autres sources disposant de cette même information afin de déterminer la source la plus pertinente.

L'incertitude liée à la mise à jour des données : le scope surveillant les données physiologiques du patient peut être réglé avec une fréquence d'affichage ne permettant pas de détecter à temps des événements. Par exemple, une hémorragie est caractérisée, entre autres choses, par une chute de la pression artérielle et une augmentation de la fréquence cardiaque, un réglage plus fin permettrait de détecter plus rapidement cet événement.

L'incertitude liée à l'ambiguïté des données : l'électrocardiogramme peut générer des artefacts en plus des signes vitaux du patient, rendant ainsi le diagnostic du médecin plus délicat à élaborer.

Toutes ces incertitudes ont un effet sur la prise de décision de l'opérateur et sur ses comportements liés au besoin informationnel. L'incertitude au regard de certaines informations peut biaiser la construction du modèle mental de la situation et donc la compréhension de la situation. L'incertitude peut également concerner l'évolution de la situation : un chirurgien nettoyant une artère ne peut pas systématiquement prévoir les complications futures lors de l'opération, bien que les limitant au maximum. L'incertitude est donc à la fois liée à la qualité de l'information mais également à la capacité de l'opérateur à prédire les évolutions de l'environnement en se basant sur les connaissances déjà acquises.

2.2.1.3 *L'intégration des informations et la création d'une représentation fonctionnelle de la situation*

Les informations ainsi collectées, et présentes en mémoire de travail, vont s'associer avec les connaissances présentes en mémoire à long terme pour former une représentation, une interprétation de la situation. En situation dynamique on parlera de « représentation fonctionnelle » de la situation. Cette représentation permet à l'opérateur d'agir sur son environnement en fonction des buts établis (Leplat, 1985 ; Bisseret, 1995 ; Chalandon 2004, 2007).

Les caractéristiques de la représentation fonctionnelle sont les suivantes :

- Cette représentation est **finalisée**, elle permet d'interpréter la situation et de réguler les activités de l'opérateur.
- Elle est **sélective**, car elle ne retient que les informations nécessaires à l'action.
- Elle est **déformée**, car l'importance donnée aux informations varie d'un opérateur à l'autre et déforme la structure de référence de l'environnement.
- Elle est **dynamique**, en ce sens qu'elle se modifie en fonction de l'évolution de la situation, de l'apport d'informations (ressources du système, de l'opérateur, variation

dans les buts poursuivis). Nous rapprocherons ici le concept de l'image opérative d'Ochanine (1966), soit « *la représentation mentale d'un objet ou système auquel un opérateur est confronté* ». Cette représentation varie avec l'évolution de l'opérateur à travers le système.

- Enfin, elle ne cherche pas à établir une description véritable de la situation mais à obtenir une **adéquation** pragmatique **entre la situation et l'activité**.

Cette représentation fonctionnelle de la situation permet à l'opérateur d'interpréter son environnement et donc de pouvoir prendre des décisions permettant l'atteinte de ses buts. L'élaboration de ces représentations fonctionnelles, leur visée décisionnelle et leur caractère dynamique permet de placer ce travail de thèse dans le paradigme *Naturalistic Decision Making* (NDM) développé initialement par Gary Klein (1993). Le courant NDM est un processus séquentiel dans lequel les règles de décisions doivent faire correspondre une décision contextuellement spécifique à une action. Zsombok (1997) définit le champ de la NDM ainsi :

« La NDM étudie la façon dont les experts, travaillant en tant qu'individus ou groupes d'individus dans des environnements dynamiques, incertains et souvent à un rythme rapide, identifient et évaluent leur situation, prennent des décisions et agissent de sorte que leurs actions soient significatives pour eux-mêmes et pour l'organisation dans laquelle ils opèrent. »

Pour prendre une décision, le décideur a besoin d'expérimenter et d'acquérir des connaissances sur cette situation et sur les conséquences de sa décision (notion centrale de l'expertise), et d'avoir les compétences nécessaires pour agir suite à sa décision (cf. figure 2.3).

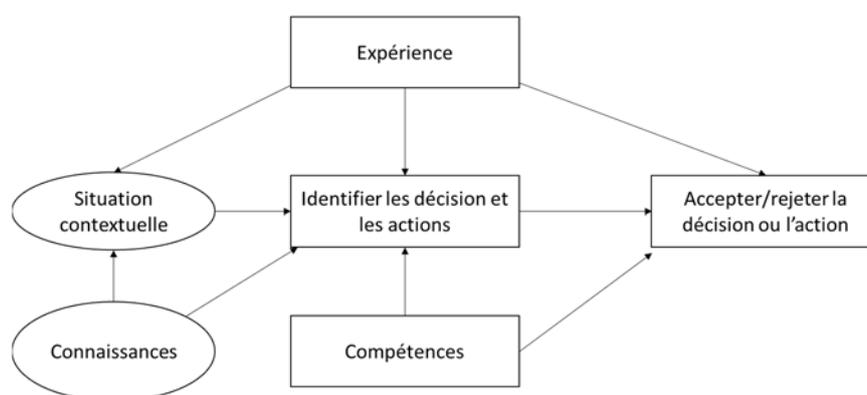


Figure 2.3 : Schéma intégratif de l'expérience et de la NDM (Salas & Klein, 2001)

Plusieurs modèles rendent compte de la gestion et de l'évolution de ces représentations fonctionnelles, ce que nous allons développer ci-dessous.

2.2.2 Le modèle de gestion des situations dynamiques

2.2.2.1 Le besoin d'informations dans le modèle de la double échelle de décision

Rasmussen (1986) propose un modèle décrivant les processus de traitement de l'information en jeu lors de la prise de décision : le modèle de la double échelle de décision. Dans la figure 2.4 nous pouvons observer une représentation de ce modèle : les boites dessinées représentent des « processus de traitement de l'information » et les cercles des « états de connaissances » (Sperandio, 2003). Les individus passent donc d'un état de connaissances à un autre par un processus de traitement de l'information. C'est lors de ces phases que la recherche d'information prend place (Fidel, 2012). Ce modèle décompose la prise de décision en trois étapes :

- L'analyse de la situation
- L'évaluation
- La planification

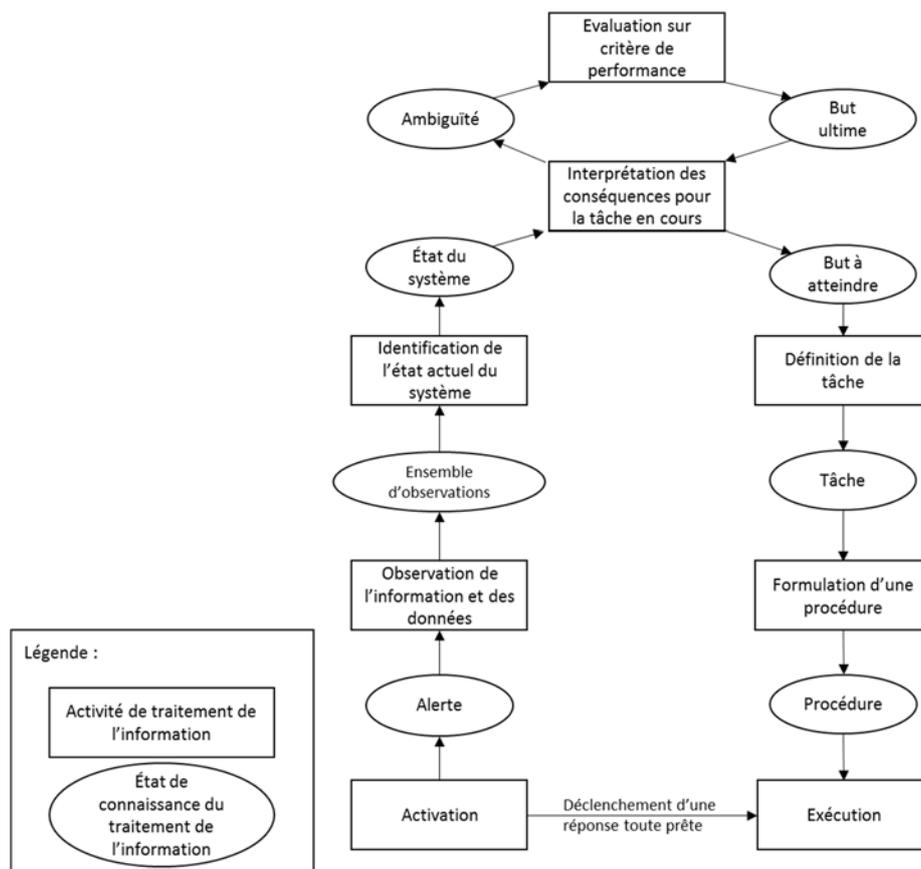


Figure 2.4 : Modèle de l'échelle double de Rasmussen (adaptation de Sperandio, 2003)

L'analyse de la situation : cette phase permet d'identifier le problème. Un stimulus de l'environnement vient *activer* la nécessité de prendre une décision. Dans cette phase les individus sont donc *alertés* d'un nouvel état de l'environnement et doivent *observer* les données pour rassembler les informations nécessaires et *identifier* les informations les plus pertinentes pour la compréhension de la situation. Ce processus de traitement de l'information les amène à une nouvelle connaissance de *l'état du système*.

L'évaluation : à ce stade, les individus ont défini le problème mais n'ont pas encore de solution, ils doivent alors *interpréter et prédire les conséquences* des actions possibles et définir *des buts d'action* en fonction des contraintes et des priorités posées par le tâche en cours de réalisation venant moduler *l'ambiguïté* de la situation. Lors de cette phase, ils comparent différentes courses d'action, les informations continuent d'affluer et la représentation de la situation de se mettre à jour. Après avoir comparé les options possibles, ils définissent un *but ultime* qui déterminera une solution, un *but à atteindre*, atteignable par une course d'actions définie.

La planification : Lors de cette phase, les individus doivent *définir les tâches à accomplir* pour *atteindre le but*. Ils atteignent donc un état de connaissance où *l'ensemble des tâches* se présentent devant eux. Ils formulent ensuite une *planification des séquences d'actions* et développent une *procédure* à suivre. Le dernier processus de traitement de l'information étant celui menant à *l'exécution de l'action*.

Comme nous l'avons évoqué dans l'introduction, les modèles de la psychologie cognitive mettent l'accent sur les processus de prise de décision. Ce modèle de double échelle de décision a pour avantage de mettre en relation les processus de traitement de l'information et les états de connaissance nécessaires à la prise de décision.

L'une des approches permettant d'identifier un besoin d'informations est d'observer la prise de décision générant ce besoin (Fidel, 2012). Cette approche implique que le besoin d'informations émerge lors des prises de décision. Or, d'après ce modèle, des besoins d'informations spécifiques à une situation donnée peuvent être générés à chaque étape du traitement de l'information (Vicente, 1999). Chaque prise de décision initie donc des conditions de recherche d'information spécifique (Fidel, 2012).

2.2.2.2 La recherche d'information lors de la gestion de situation dynamique

Nous l'avons vu dans le premier chapitre, l'un des critères définissant un système dynamique tel que le bloc opératoire est sa capacité à évoluer sans l'action d'un agent en particulier. Les deux modèles suivants s'attachent donc à intégrer les processus cognitifs liés à la recherche d'informations dans la gestion de tels systèmes et tente de répondre à la question : Comment un individu peut-il mettre à jour sa représentation de la situation en parallèle des tâches à accomplir ?

Le second modèle de Rasmussen (1986) proposé représente trois niveaux de contrôle d'un individu sur son activité, c'est le modèle **Skill-Rules-Knowledge (SRK)**. Ces trois niveaux correspondent au degré de familiarité de l'opérateur avec son environnement (Reason, 1988). Le niveau des habiletés (Skill) est un niveau automatique plus ou moins inconscient, où une réponse motrice déjà bien maîtrisée est envoyée suite au signal reçu de l'environnement. Le niveau des règles (Rules) représente la composition de différentes routines utilisées en milieu familier, gérées de manière consciente par un ensemble de règles. Le feedback correctif renvoyé par le système demandera une analyse et une compréhension fonctionnelle de l'état actuel du système. L'opérateur peut également activer des connaissances (Knowledge) dans des situations qui lui sont non familières. Après l'analyse de la situation et la mise à jour de sa représentation fonctionnelle, l'opérateur formule un plan qu'il pourra tester mentalement ou physiquement. L'expérience augmentant le niveau de contrôle décroît du niveau Knowledge au niveau Rules puis au niveau Skill (Reason, 1988). Cette progression correspond à l'interprétation dite « d'apprentissage » proposée par Sanderson et Harwood (1988). Mais les auteurs proposent également une seconde interprétation dite « hiérarchique » : le changement de niveau serait dû au type d'informations auquel l'opérateur serait confronté, les signaux seraient traités par le niveau « skill », les signes par le niveau « Rules » et les symboles par le niveau « Knowledge ». Les changements de niveau dépendraient donc de l'expérience de l'opérateur mais également de sa façon de traiter l'information.

Hoc et Amalberti (1994) proposent également un modèle de gestion des situations dynamiques basé sur trois niveaux. L'architecture présentée par ce modèle donne un rôle crucial à la représentation de la situation basée sur les connaissances générales de la situation et les ressources cognitives de l'individu. Il reprend les trois niveaux du modèle SRK en considérant la représentation de la situation ainsi que la possibilité d'utiliser parallèlement différents niveaux pour permettre aux tâches automatiques de se poursuivre (cf. figure 2.5).

Ce modèle décrit également 3 boucles de feedback. La première boucle concerne les mécanismes automatiques : le feedback arrive rapidement et la représentation tient un rôle de supervision. Cette première boucle peut donner naissance à un second niveau en cas d'événements imprévus. Plusieurs plans peuvent être alors préparés, le choix peut être fait par analyse de similarité avec une situation connue. Si les plans ainsi préparés n'étaient pas adaptés à la situation, un dernier niveau peut être mis en place, il implique alors une re-planification profonde et un examen attentif de la situation. Le feedback met bien plus longtemps à arriver, et les boucles inférieures continuent à fonctionner même de manières inadéquates puisqu'il faut tout de même gérer la situation.

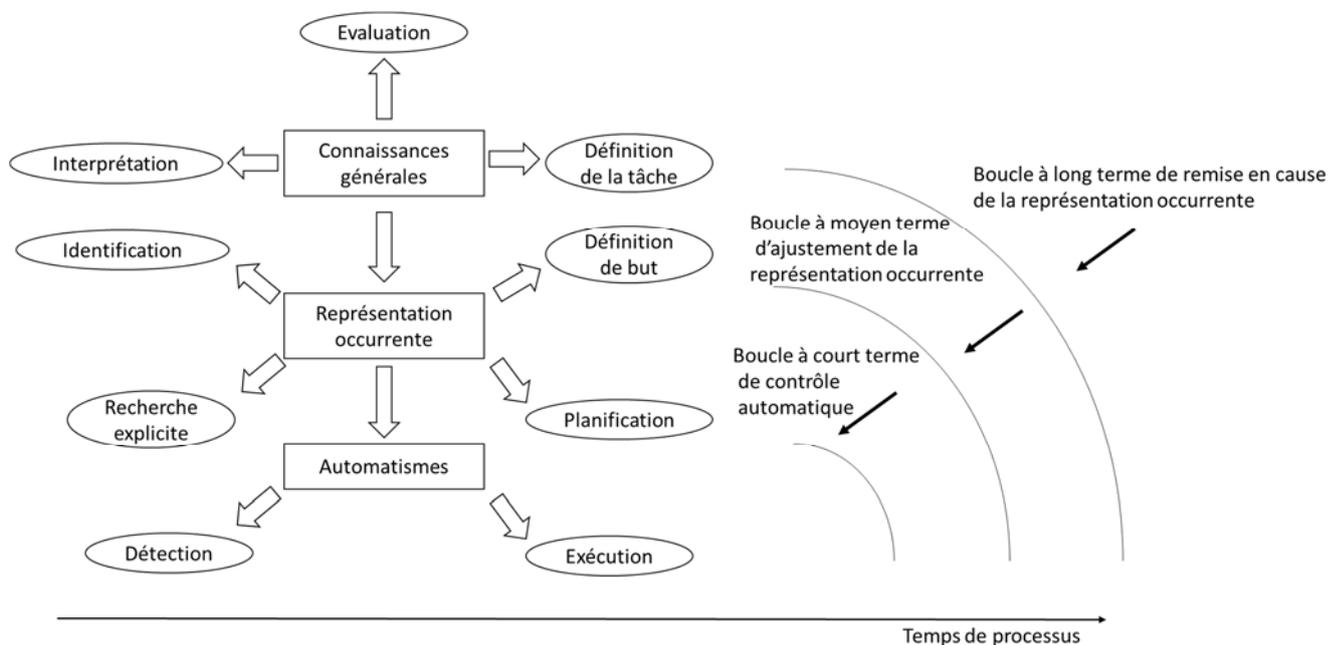


Figure 2.5 : Modèle de gestion des situations dynamiques (Hoc, 1996)

La « représentation occurrente », au centre de ce modèle, est donc perpétuellement mise à jour par l'association des connaissances préalables et des informations issues de l'environnement. Cette représentation occurrente correspond à la conscience de la situation d'Ensley (1995), à ceci près qu'elle inclut la représentation que se fait l'opérateur de lui-même (niveau métacognitif). Ce modèle met en valeur la capacité des opérateurs à poursuivre, en parallèle, la gestion des processus dans leur environnement et la révision de leur représentation occurrente de la situation en adaptant leur stratégie de recherche d'informations à la dynamique de la situation.

2.3 LA CONSCIENCE DE LA SITUATION, LA COMMUNICATION ET LE TRAVAIL D'ÉQUIPE AU BLOC OPÉRATOIRE

La communication est le processus de production, de réception et d'usage de symboles, l'émission et la réception de messages ainsi que le sens donné à ces messages (Keyton, Beck, & Asbury, 2010). A travers leurs interactions, des individus se reconnaissent entre eux comme faisant partie d'un groupe, développant et partageant des buts particuliers et créant des relations interdépendantes (Salas, Fiorea, & Letsky, 2012). Les membres d'un groupe maintiennent cette relation d'interdépendance selon les messages précédant et suivant leurs propres énoncés. L'analyse de ces successions d'énoncés, au sein d'une équipe, permet ainsi d'appréhender les mécanismes cognitifs d'équipes, tels que la prise de décision (Cooke, Gorman, & Kiekel, 2008 ; Salas *et al.*, 2012).

2.3.1 La communication au sein de l'équipe

2.3.1.1 L'équipe et le travail d'équipe au bloc opératoire

De manière générale, une équipe représente un groupe d'individus engagés dans une activité commune (Mosser & Begun, 2014). Dans ses travaux liés à la construction d'une conscience de la situation d'équipe, Salas et ses collaborateurs donnent la définition suivante : " Une équipe est un groupe distinct de deux individus ou plus qui interagissent de manière dynamique et interdépendante vers un but, un objet ou une mission commun(e), où chacun possède des rôles spécifiques ou des fonctions à remplir et qui possède une durée de vie limitée " (Salas, Dickinson, Converse, & Tannenbaum, 1992 cités par Salas, et al., 1995, notre traduction)

Dans le cadre de la santé en hôpital, Mosser et Begun (2014) regroupent les sept critères suivants pour qualifier le travail en équipe :

- L'équipe partage un but
- Elle partage une responsabilité dans l'achèvement de l'activité
- Elle possède des membres clairement identifiés
- Elle a autorité à agir pour accomplir son but
- Ses membres sont interdépendants
- Il n'y a pas de sous-groupe indépendant
- Elle doit rendre des comptes envers une organisation plus large

Le travail d'un membre de l'équipe a donc forcément une conséquence sur celui des autres membres. L'équipe doit travailler de concert pour accomplir son but (de soin) et doit être capable de prendre des décisions collectives dans ce sens. Dans le cadre du bloc opératoire, de par la nature souvent urgente de l'activité et par la culture hiérarchique du milieu hospitalier (Mosser & Begun, 2014), le chirurgien est bien souvent au centre des décisions, excepté pour les décisions relatives à l'anesthésie où le rôle de leader est porté par le médecin anesthésiste réanimateur. Pour un bon fonctionnement, l'équipe doit alors permettre au leader de posséder toutes les informations nécessaires pour prendre ses décisions (Flin, O'Connor, & Critchton, 2008). La recherche d'information collaborative est nécessaire dans un groupe pour réduire les différences de représentation de la situation (Dinet, 2012 ; Vivian & Dinet, 2007). Ce regroupement d'informations, dans le but de prendre une décision, est un des facteurs qui sous-tend l'élaboration d'un modèle mental commun (Cannon-Bowers, Salas, & Converse, 1993). La dimension collaborative de la recherche d'informations est étudiée par le champ de la « *Collaboration Information Behavior* » CIB (Dinet, 2012).

Ces comportements peuvent être déclenchés par différents facteurs (Reddy, Jansen, Spence, 2010) :

- **La complexité du besoin d'informations** : l'information nécessite plusieurs disciplines pour être intégrée correctement dans une représentation occurrente de la situation
- **Un manque d'accessibilité de l'information** : cette situation est particulièrement vraie dans le cas du bloc opératoire avec la séparation des zones stériles et non stériles
- **Un manque d'expertise dans le domaine** : si un individu ne possède pas suffisamment de connaissances il se tournera vers plus expérimenté que lui
- **La fragmentation des ressources** : les informations nécessaires à la réalisation d'un but peuvent être éparpillées à différents endroits. C'est, par exemple, le cas lorsque l'équipe chirurgicale doit remplir la check-list permettant de réduire la probabilité de commettre des erreurs avant de commencer l'opération. Les informations telles que le nom du patient ou le site opératoire sont inscrits sur différents documents, qui doivent tous être consultés avant d'entamer l'opération.

C'est à travers l'étude des patterns de communication que nous pourrions observer les mécanismes liés au travail en équipe (Parush, Kramer, Foster-Hunt, McMullan, Momtahan, 2014)

2.3.1.2 La communication au bloc opératoire

A travers une perspective systémique, Hazlehurst, McMullen et Gorman (2007) ont analysé les communications (verbales et non verbales entre agents humains et non humains) lors d'une opération de chirurgie cardiaque pour dégager le fonctionnement d'une conscience de situation d'équipe. Le bloc est représenté comme un système d'activité, c'est-à-dire une instance de système dynamique complexe composé des acteurs du bloc, des outils (artefacts) à disposition et d'un ensemble de règles structurant l'organisation de l'espace de travail. Au sein de ce système, les états représentationnels évoluent par l'intermédiaire d'outils de coordination (messages verbaux, messages écrits sur les formulaires, pattern visuels sur les outils de mesures physiologiques), ces outils permettent donc d'un côté l'élaboration de plans d'actions, l'évolution des buts communs et individuels (complétion des tâches de chaque agents), et de l'autre la surveillance des ressources (humaines ou matérielles) déterminantes pour la représentation des états pris par le système (cf. figure 2.6).

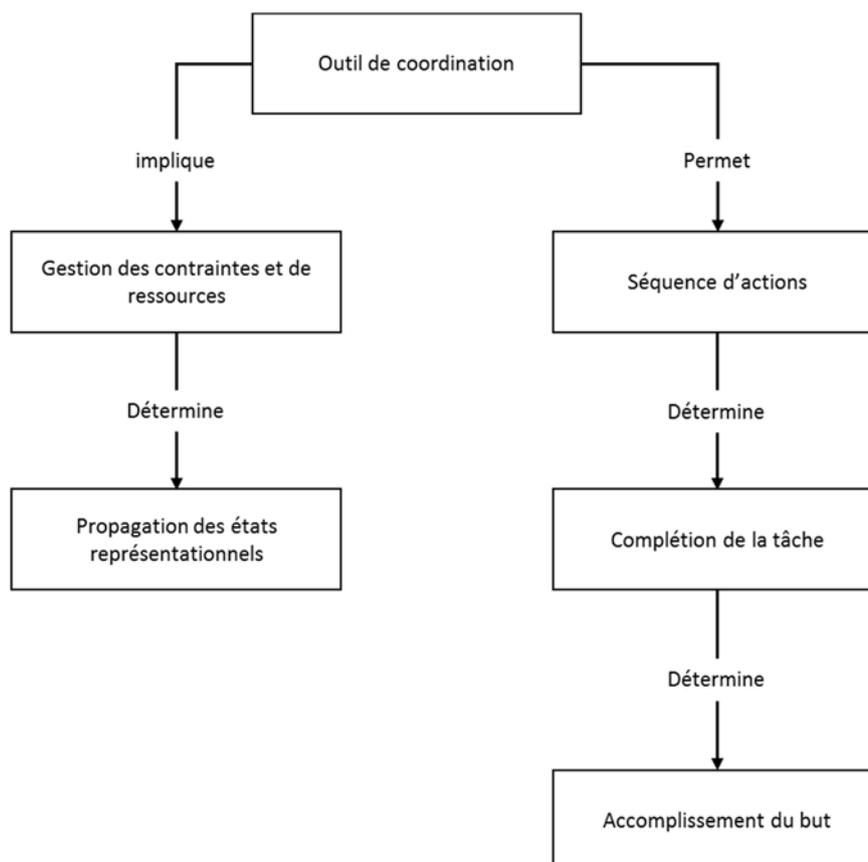


Figure 2.6 : Effet des communications sur l'évolution d'un système (Hazlehurst et al., 2007)

L'étude des communications verbales de dix opérations de chirurgie cardiaque (Parush, Kramer, Forest-hunt, Momtahan, Hunter, & Sohmer, 2011) a permis l'élaboration d'une typologie sur les objets de la communication :

- L'administration des drogues
- L'état des signes vitaux du patient
- Les actions médicales
- L'équipement
- La transition entre les phases chirurgicales
- La temporalité des actions et des phases

L'étude de Parruch *et al.* (2011) a également permis l'élaboration d'une typologie relative aux modes de la communication :

- Requête d'action : sur un acte, un outil
 - Annonce : diffusion d'informations
 - Question : requête basée sur les informations
 - Réponse : annonce consécutive à une question
 - Confirmation de la requête
 - Retour : répétition d'une requête, d'une annonce, d'une réponse ou d'une confirmation
- Cette étude a donc établi les types d'informations qui vont se retrouver dans la zone partagée de la conscience de situation (au niveau de la perception des éléments), au sein d'un système d'activité ainsi que les moyens verbaux qui sont employés pour les transmettre. Elle fait donc état des besoins informationnels du système et des individus qui la composent mais elle ne qualifie pas la relation de coopération que les agents humains entretiennent et donc du rôle du travail d'équipe dans la prise de conscience partagée de la situation.

2.3.2 Les couples communicants au bloc : schéma des relations professionnelles au bloc opératoire

A travers une enquête par questionnaires sur les attitudes de sécurité au bloc opératoire menée auprès de 60 hôpitaux (Makary *et al.*, 2006), les relations caractérisant un travail d'équipe efficace ont mis en évidence les relations préférentielles (dirigées par un but en commun) entre les opérateurs principaux de la salle d'opération (cf. figure 2.7).

Les relations sont perçues comme étant plus positives (dans le sens de l'efficacité du travail en équipe) des médecins (chirurgiens et anesthésistes) vers les infirmiers (IBODE et IADE) que l'inverse. Les médecins ont un taux de satisfaction généralement plus élevé.

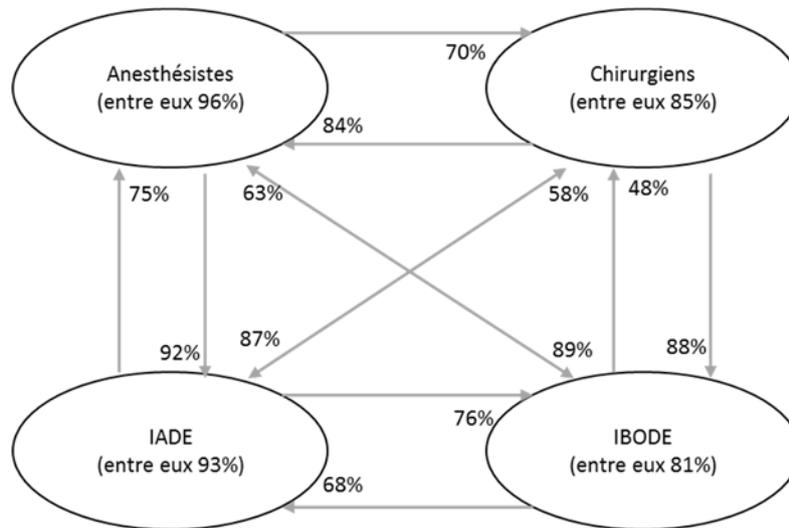


Figure 2.7 : Rapport des collaborations perçues positivement par chacun des membres de l'équipe chirurgicale (Makary et al., 2006)

La littérature ne fait cependant pas état du taux de communications utilitaires entre chaque membre du bloc, nous savons donc ce que le système transfère comme informations et par quels moyens, mais nous ne savons pas quels sont les agents qui transfèrent tels types d'informations à qui, ni quels sont les modes de communications verbales les plus utilisés pour chaque agent. Ces résultats pourraient nous éclairer sur la façon donc chaque membre de l'équipe construit sa CS individuelle, et comment il envisage le besoin informationnel de ses coéquipiers, permettant ainsi la construction d'un référentiel commun d'une conscience partagée de la situation, au moins sur le plan perceptif.

2.3.3 L'élaboration de la conscience de la situation chez les opérateurs du bloc

2.3.3.1 Les facteurs individuels et environnementaux :

Les facteurs individuels et environnementaux influençant la prise de conscience de la situation sont, par définition, liés au domaine d'application. Dans le cas du bloc opératoire ce sont les suivants (Schulz, Endsley, Kochs, Gelb & Wagner, 2013) :

- Guides et normes médicales
- Etablissement des buts des soins
- Automatisation des tâches
- Base de connaissances médicales
- Base de connaissances des situations prototypiques
- Charge mentale, stress, pression temporelle, leadership et personnalité

Le modèle d'Endsley a été repri et appliqué au domaine du bloc opératoire. Différentes études ayant eu pour but d'attribuer à chaque corps de métier un profil pour chaque niveau du modèle (Jones & Endsley, 2011 ; Flin et al., 2008 ; Gaba *et al.*, 1995 ; Parush *et al.*, 2012).

2.3.3.2 Les Infirmières de blocs opératoires

Au niveau perceptif, les informations recueillies concernent d'une part les données du patient (dossier patient, état clinique normal/dégradé) de l'autre l'état du matériel (la salle, l'équipement et les consommables) (Cooper et al., 2010 ; Stubbings, Chaboyer, & McMurray, 2012). Afin d'inférer l'état du patient à un moment donné de l'opération, les infirmiers utilisent les signaux visuels (gestes et procédures des médecins), et auditifs (alarmes de la station d'anesthésie) et les communications entre les membres de l'équipe. Toutes ces informations réunies avec leurs connaissances antérieures leur permettent d'établir une représentation fonctionnelle de la situation (niveau 2) et ainsi d'anticiper l'état du patient, de la salle et de prévoir la nécessité de consommables ou de personnels supplémentaires en cas d'événement indésirable grave (niveau 3) (Stubbings et al., 2012)

Cooper *et al.* (2010) ont également montré que l'expérience et l'âge des infirmiers n'influençaient pas la qualité des différents niveaux de CS. Ils ont fait passer deux simulations

réalistes à un groupe d'infirmiers: une simulation présentant dans un cas un choc septique² et dans l'autre une hypovolémie³. Les infirmiers devaient répondre à une série de questions dont le design reprenant les 3 niveaux du modèle d'Endsley (1995), soit des questions d'observation, de compréhension et de projection (les conséquences pour le patient). Une analyse plus fine des résultats a montré que les scores obtenus aux questions d'observations étaient faibles pour l'ensemble des sujets de l'étude, tous se fixant sur les données physiologiques du patient. Par conséquent les réponses aux 2 autres types de questions étaient également faibles.

2.3.3.3 Les anesthésistes

Les premières tentatives d'adaptation du concept de conscience de la situation au domaine de l'anesthésie remonte à 1995 avec Gaba et al.. En 2013, Endsley reprend son modèle et l'applique également au domaine de l'anesthésie (Schulz et al., 2013). Selon cette dernière étude, les anesthésistes mettent, au niveau 1, l'accent sur les paramètres vitaux du patient (scope, alarmes), l'état clinique du patient (ex : présence du saignement) et l'étape chirurgicale en cours. Lors d'une opération les phases de l'opération où l'attention (et donc le niveau 1) est soutenue sont l'induction et le réveil du patient. Au niveau 2, l'anesthésiste doit porter ses ressources cognitives sur l'interprétation des signes vitaux (états cliniques découlant ; ex : hypovolémie), la réponse aux injections, évaluer si une transfusion sanguine est nécessaire, et doit s'assurer du bon déroulement de la procédure chirurgicale (McIvaine, 2007) et altérer les plans de soins si ce n'est pas le cas. Il lui faut donc, notamment, une représentation fonctionnelle en adéquation avec les procédures exercées par le chirurgien. Le plan anesthésique n'est prévu que partiellement, l'anesthésiste favorisera les informations permettant d'anticiper les risques et de modifier son plan en cours d'opération (Anceaux, Thuilliez & Beuscart-Zéphir, 2001). Il doit être capable de planifier les prochaines injections, prévoir la réponse à la transfusion, le cas échéant, anticiper la procédure chirurgicale suivante ainsi que les procédures alternatives possibles prévues par le chirurgien.

² Le choc septique est la traduction clinique d'un syndrome d'inflammation réactionnelle systémique modifiant la fonction cardiocirculatoire (définition SFAR: Société Française d'Anesthésie et de Réanimation)

³ L'Hypovolémie absolue peut se définir comme la diminution de la masse sanguine. Elle peut résulter d'une hémorragie, de la diminution de la masse plasmatique par déficit hydro-sodique (pertes excessives non compensées par les apports), ou par extravasation d'eau et de sodium vers les tissus interstitiels (en raison d'une diminution de la pression oncotique du plasma ou d'une hyperperméabilité capillaire) (SFAR).

2.3.3.4 Les chirurgiens

Graafland et al. (2015) ont également adapté le modèle d'Endsley (1995) au profil du chirurgien en interaction avec le reste de l'équipe. Au niveau 1, le chirurgien s'intéresse préférentiellement aux données liées à la procédure en cours, du fait de leur position « impliquée dans le patient ». Les signaux perceptifs sont principalement les retours haptiques et les signaux visuels (Tien et al., 2010). Ils doivent prêter attention aux informations liées à l'état des équipements et celles liées à l'état du patient (signes vitaux). Au niveau 2, les chirurgiens doivent être capables d'évaluer la situation clinique (données physiologiques) et environnementale (salle, équipement, personnel disponible) et altérer la vitesse de la procédure ou la procédure elle-même selon les conditions cliniques et environnementales. Au niveau 3, ils doivent anticiper les décisions futures, évaluer les risques liés à chaque décision et être capable d'envisager des procédures alternatives.

CHAPITRE 3 : LA FORMATION AUX COMPÉTENCES NON TECHNIQUES

3.1 ÉTUDES DES COMPÉTENCES NON-TECHNIQUES AU BLOC OPÉRATOIRE

Comme nous venons de le voir à travers l'étude de la conscience de la situation chez les opérateurs du bloc, la communication, le travail d'équipe, les prises de décision et la représentation de la situation sont des compétences élémentaires pour qu'un individu évolue dans un tel système, dynamique et complexe. Il est donc primordial de former le personnel du bloc à ce type de compétences relevant du domaine non technique, c'est-à-dire les compétences relevant des domaines cognitif, social et personnel venant appuyer les compétences techniques et contribuant à améliorer la sécurité dans l'environnement de travail (Flin, O'Connor, & Crichton, 2008 ; Flin & Maran, 2015). Flin et ses collaborateurs de l'*Industrial Psychology Research Centre* de l'université d'Aberdeen ont établi, au cours de ces dernières années, 3 taxonomies des compétences non techniques impliquées dans la gestion des risques au bloc opératoire (Flin, O'Connor, Crichton, 2008 ; Flin & Mitchell, 2009) une pour chaque domaine de compétences :

Tableau 3.1 :ANTS (Anaesthetists' non-technical skills)

Gestion de la tâche	Planifier
	Prioriser
	Utiliser les normes standardisées
	Identifier les ressources
Travail d'équipe	Coordonner les activités entre les membres de l'équipe
	Echanger l'information
	Etre capable d'autorité
	Evaluer les capacités
	Soutenir les autres
Conscience de la situation	Rechercher l'information
	Reconnaître et comprendre l'information
	Anticiper
Prise de décision	Identifier les options
	Mesurer les risques
	Réévaluer

Tableau 3.2 : NOTSS (Non-technical skills for surgeons)

Leadership	Utiliser les normes standardisées
	Soutenir les autres
	Gérer le stress
Communication et Travail d'équipe	Echanger l'information
	Coordonner les activités entre les membres de l'équipe
	Etablir une représentation partagée de la situation
Conscience de la situation	Rechercher l'information
	Comprendre l'information
	Projeter et anticiper les états de l'environnement
Prise de décision	Identifier les options
	Sélectionner et transmettre la décision
	Implémenter et évaluer la décision

Tableau 3.3 : SPINTS (Scrub practitioners' intraoperative non-technical skills)

Gestion de la tâche	Utiliser les normes standardisées
	Planifier et préparer les besoins et ressources
	Gérer le stress
Communication et Travail d'équipe	Echanger l'information
	Coordonner les activités entre les membres de l'équipe
	Enoncer les actions à entreprendre
Conscience de la situation	Rechercher l'information
	Comprendre l'information
	Projeter et anticiper les états de l'environnement
Prise de décision	Identifier les options
	Sélectionner et transmettre la décision
	Implémenter et évaluer la décision

Si la communication prend une part majeure dans le développement des compétences non-techniques, nous avons pris le parti, dans ce manuscrit, de nous baser sur une définition réduite de la communication, ne prenant en compte que la transmission de l'information basée sur le modèle de Shannon et Weaver (1949).

Buckland (1991) propose 3 définitions de l'information :

- **L'information-processus** : l'action d'informer ou de communiquer la connaissance,
- **L'information-connaissance** : l'information qui vient modifier le degré d'incertitude,
- **L'information-objet** : l'information attachée à un objet, un élément, ici l'information est une donnée qui peut donc transiter en s'attachant d'élément en éléments.

C'est donc cette dernière définition qui nous semblait la plus adaptée, d'abord pour le développement informatique de l'environnement 3D : nous pouvons créer des objets 3D en leur attachant des informations que le joueur peut venir récolter (l'information donnée est donc attachée tant à l'objet qu'au joueur).

Lors de la phase de conception du système 3DVOR (dont nous détaillerons les mécanismes plus loin dans ce chapitre) l'équipe a établi, suite à des interviews avec les professionnels du bloc et les formateurs en santé, une liste de 70 compétences non techniques, jugées capitales pour la formation à la gestion des risques. Elles sont regroupées dans les 6 catégories principales suivantes (le tableau complet est fourni en annexe 2) :

- 23 compétences en gestion/organisation de la tâche (*planification, préparation, appliquer les standards...*).
- 18 compétences en conscience de la situation (*rassembler les informations, connaître et comprendre ce qui se passe, anticiper, prioriser...*).
- 15 compétences en travail d'équipe (*coordination, échange des informations, utilisation des capacités...*).
- 7 compétences en prise de décision (*identifier les options, réévaluer, mettre en balance les avantages et inconvénients...*).
- Compétences en maîtrise des émotions (*gestion du stress, gestion des émotions*).
- Compétences en leadership (*utiliser son autorité, aider les autres...*).
- De plus, certaines compétences relèvent de plusieurs catégories (nommées catégories secondaire et tertiaire), au total :
 - 29 compétences liées à la conscience de la situation
 - 25 compétences liées à la gestion/organisation de la tâche
 - 16 compétences liées au travail d'équipe
 - 10 compétences liées à la prise de décision
 - Compétences liées au leadership
 - Compétences liées à la maîtrise des émotions

Ces résultats montrent une forte dépendance entre les compétences liées à la conscience de la situation, celles liées à la prise de décision et celles liées au travail d'équipe et par là le rôle central de la conscience de situation (cf. figure 3.1).

Dans la figure 2.1, chaque label représente une catégorie de compétences non-techniques, les liens entre ces compétences représentent le nombre de compétences opérationnelles identifiées lors des interviews partageant des traits communs.

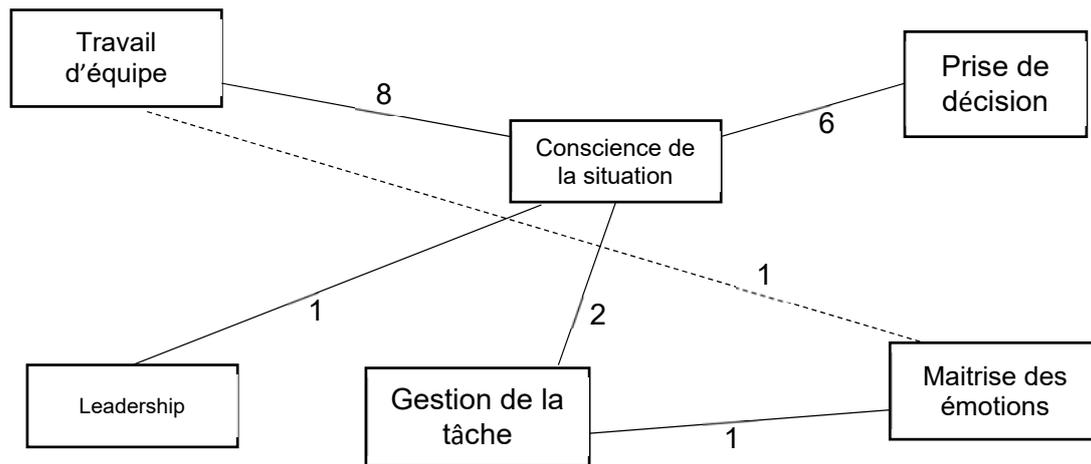


Figure 3.1 : Schéma des compétences opérationnelles partagées entre différents domaines de compétences non-techniques

Ces compétences, identifiées pour 3DVOR, se retrouvent également dans la littérature sur les compétences non-techniques en jeu dans les pratiques de santé sécurisées (Fletcher, Flin & McGeorge, 2003a ; Fletcher, Flin & McGeorge, 2003b ; Flin, 2013 ; Flin, Glavin, Maran & Patey, 2003 ; Flin & Maran, 2015 ; Flin & Mitchell, 2009 ; Flin, O'Connor & Crichton 2008 ; Flin, Yule, Rowley, Paterson-Brown, & Maran, 2006 ; Mitchell & Flin, 2009 ; Mitchell, Flin, Yule, Mitchell, Coutts & Youngson, 2012 ; Mitchell, Flin, Yule, Mitchell, Coutts, & Youngson, 2013).

Pour illustrer l'intégration des compétences non-techniques dans les dispositifs de formations, nous nous basons sur le modèle TeamSTEPPS (*Team Strategies and Tools to Enhance Performance and Patient Safety*) développé entre 2005 et 2008 par la DoD (Department of Defense) et AHRQ (Agency for Healthcare Research). Le modèle TeamSTEPPS est un plan d'entraînement permettant d'intégrer le travail d'équipe dans les formations par simulation (Baker, Salas, Barach, Battles, & King, 2005 ; King, Battles, Baker et al., 2008 ; Barach & Cosman, 2015). Ce modèle comprend les modules suivants : leadership, surveillance, entre-aide et principalement la communication (cf. figure 3.2).

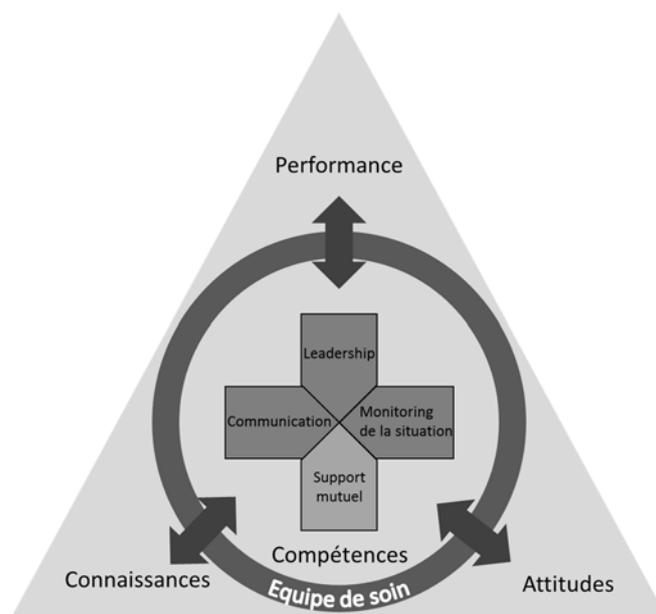


Figure 3.2 : Modèle TeamSTEPPS (Traduit de Barach et Cosman, 2015)

Les plans de formation basés sur ce modèle visent à améliorer la mise en place d'un modèle mental partagé, les capacités d'adaptation, l'orientation vers le travail d'équipe, la confiance envers les pairs, la performance générale de l'équipe et à travers tous ces facteurs : la sécurité du patient.

Nous observons donc à travers ces pratiques de formations l'importance des aspects, entre autres, liés à la communication, à la création d'un modèle de la situation partagé et aux capacités d'adaptation souvent face à un événement indésirable imprévu (ex. : plaie intestinale, hémorragie, arrachement de l'uretère). Le professionnel doit savoir prendre des décisions en conséquence ce qui nécessite la surveillance et l'analyse de la situation (des problèmes techniques mais également environnementaux) des interactions avec les autres membres de l'équipe et des caractéristiques du patient (âge, allergies, comorbidités...).

3.2 SIMULATION ET JEU SERIEUX

Pour résumer, les efforts récents en chirurgie et en éducation médicale s'intéressent de plus en plus à l'apprentissage de la gestion d'une équipe multidisciplinaire et multiprofessionnelle complète (Lermite & Pessaux, 2013). Les formateurs utilisent les simulations pour développer les compétences non techniques (travail d'équipe, communication, conscience de la situation...) tant chez les professionnels que les étudiants par

des mises en pratique de situations classiques (Rosen, 2013). Mais les simulations ne sont pas les seuls supports capables de supporter la formation continue des professionnels du bloc opératoire. Cette partie décrit les différents dispositifs de formations numériques mis en place.

3.2.1 Définitions

Dans le domaine de la santé, nous distinguerons quatre types de simulateurs (Amalberti, 2013) :

- **Réalistes** : ce sont, par exemple, des mannequins à taille humaine permettant la simulation d'une opération (cf. figure 3.3).
- **Partielles** : se concentrant sur une partie du corps ou sur un processus particulier tel que la perfusion.
- **Virtuelles** : **micro-mondes virtuels** représentant le plus fidèlement la réalité. Ces micro-mondes ont pour avantage de simuler un système dynamique et complexe et de permettre l'étude contrôlée des mécanismes de planification et de prise de décision (Brehmer & Dörner, 1993)
- **Jeux de rôles** : mise en scène de situations sur des intervenants humains, principalement utilisés pour apprendre à gérer les relations humaines.



Figure 3.3 : Mannequin dans une simulation réaliste (Rosen, 2013)

L'avantage des simulations réalistes est qu'elles permettent de combiner l'apprentissage des compétences techniques et non techniques (Ammirati, Granry, & Savoldelli, 2013), mais leur coût et leur demande en ressources humaines restent très importants (Raiche, 2013). Nous nous focaliserons donc sur le versant virtuel des dispositifs d'apprentissage.

L'une des caractéristiques principales des simulations est la compression du temps (Amalberti, 2013). La simulation d'une opération ne peut et ne doit pas être fidèle, du point de vue temporel, à la réalité, mais permettre des ellipses, des accélérations voire des pauses dans le déroulement du scénario, selon les objectifs pédagogiques visés.

La différence entre un jeu et une simulation s'exprime au travers des définitions suivantes (Kaufman, 2010) :

Simulation : Activité incluant l'exploration et la pratique en utilisant des modèles de réalité, mais sans compétition, score, perdant ou gagnant. (Ex : le simulateur d'avion Flight Simulator ou encore la simulation de gestion gouvernementale Democracy 3).

Jeu : Activité qui n'aspire pas à retranscrire la réalité, possède un ensemble de règles bien défini, un système de score et peut amener l'échec ou la réussite. (Ex : Tetris).

3.2.2 Le scénario et la mise en contexte de la situation d'apprentissage

Nous ferons la différence entre le scénario de la simulation et le scénario pédagogique de la formation. Nous parlons, ici, du scénario de la simulation au sens du déroulement des événements et des composants de l'environnement.

Dans le cadre d'une simulation, le scénario peut être conçu comme un cas clinique représentant les connaissances à acquérir (Dieckmann, Friis, Lippert, & Ostergaard, 2012 ; Alinier, 2010), un ensemble de symptômes à diagnostiquer (Gaba, Howard, Fish, Smith, & Sowb, 2001) ou bien de situations généralisables (Barach, Satish, & Streufert, 2001). Le problème de ces types de scénarii est qu'ils ne mettent pas en valeur le déroulement temporel de la situation. Or, ce déroulement qui peut être défini par une narration, un contexte développé permet de structurer les événements en causalité chronologique nécessaire au diagnostic de la situation (Pelletier & Kneebone, 2015).

L'histoire, le scénario, permet de renforcer l'immersion de l'apprenant dans la situation d'apprentissage, sans toutefois devoir s'éloigner de la réalité. Le problème de l'immersion dans les simulations est le rejet en cas d'échec. Parmi les observations de Pelletier et Kneebone (2015), un apprenant explique son échec par la difficulté induite par le support pour détecter une réaction anaphylactique⁴, difficulté qu'il n'aurait pas eue en situation réelle. Or, selon Prensky

⁴ Le choc allergique, ou choc anaphylactique, est une réaction allergique extrêmement violente provoquant une forte perturbation de la circulation sanguine qui entraîne un état de choc avec

(2004) et Kaufman (2010), l'essence même de la simulation est de simplifier le réel. L'un des moyens pour éviter ce rejet serait donc de décoller de la réalité pour se tourner vers les supports de jeux. En effet, les supports digitaux permettent ce décrochage de la réalité et la potentialité de créer des environnements motivants pour l'apprenant (Shaffer, Squire, Halverson, & Gee, 2005), en stimulant ses comportements (Vockell, 2004) et en créant un contexte émotionnel (Malone & Lepper, 1987 cités par Asgari & Kaufman, 2010).

La figure 3.4 présente le spectre des dispositifs dont la visée est potentiellement éducative avec, d'un côté, les simulateurs classiques offrant un maximum de réalisme pour des entraînements directs de compétences et, de l'autre, les jeux développés pour le fun et le divertissement placés dans un univers complètement imaginaire.

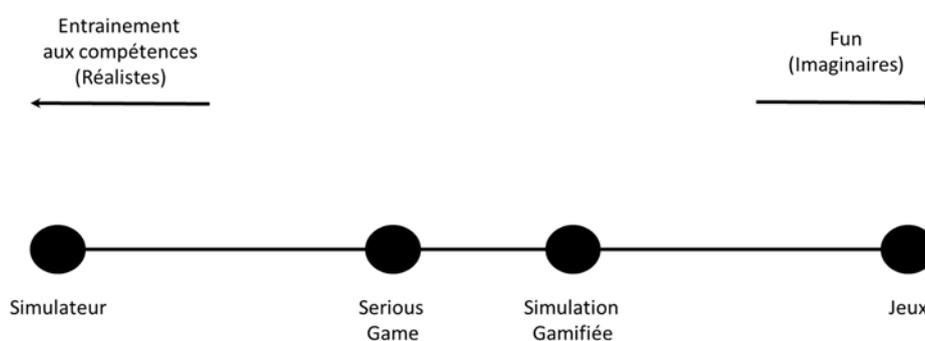


Figure 3.4 : Spectre des dispositifs de jeux potentiellement ludiques (traduit de Quin, Chui, Pang, Choi et Heng, 2010)

Les serious games offrent donc un mélange de réalisme et de divertissement issus des jeux traditionnels tandis que les simulations gamifiées sont généralement placées dans un univers fictionnel et/ou imaginaire (Ricciardi & De Paolis, 2014).

Un jeu à visée éducative, un serious game, peut donc se définir, dans un premier temps, de la façon suivante : c'est la combinaison d'un scénario de jeu (décroché du contexte réel) et d'un scénario pédagogique (Lelardeux, Alvarez, Montaux, Gallaup & Lagarrigue, 2012). A travers cette combinaison, la propriété principale du serious game est de donner l'envie d'apprendre (Alvarez, 2007).

Vandercruysse, Vandewaetere et Clarebout (2012) ont établi une revue de littérature sur les jeux à visée éducative. Dans leur méthodologie, ils ont distingué 3 secteurs d'études : l'environnement des jeux, les caractéristiques des joueurs, les objectifs d'apprentissage. Dans

une chute très brutale de la tension artérielle mettant en danger les organes vitaux, notamment le cœur et le cerveau.

notre situation, les deux premiers critères sont fixés par notre terrain d'étude, l'environnement est le bloc opératoire et les caractéristiques ont été décrites dans les parties 2.1 et 2.2 de ce chapitre. Nous appuierons, toutefois, sur le fait qu'un serious game doit prendre en compte le niveau d'expertise métiers (i.e. domaine visé par le serious game, par exemple : la gestion des ressources humaines), les experts nécessitant des supports d'instructions différents des novices, comme des environnements permettant l'expérimentation, alors que les novices favoriseront les exemples complets et tutoriels (Procci & Bowers, 2014). En revanche, nous pouvons ici détailler les attentes au niveau des objectifs d'apprentissage.

Procci et Bowers (2014) présentent quelques objectifs d'apprentissage :

- **Entraînement aux compétences** : ces jeux sont basés sur la répétition d'actions et l'acquisition de patterns ; les jeux de combats peuvent être utilisés.
- **Apports en Connaissance déclarative** : ces jeux sont basés sur le rappel et le pattern matching ; les jeux d'arcade ou les puzzles peuvent être utilisés.
- **Résolution de problème et développement de la pensée scientifique** : utilisation de problème faisant appel à la créativité, les problèmes doivent permettre de relier différents concepts ; les jeux d'action et d'aventure peuvent être utilisés.
- **Prise de décision et systèmes complexes** : le gameplay doit se baser sur la gestion des ressources et les systèmes complexes ayant des réactions retardées (cf. chapitre 1 pour la définition et les propriétés des systèmes complexes) ; les jeux de stratégies peuvent être utilisés.
- **Connaissances métacognitives** : ces jeux requièrent des compétences de planification et de projection des états de l'environnement en aval du scénario, ces jeux doivent posséder des scénarii non-linéaires (avec embranchement selon le choix du/des joueur(s) et des interactions fortes avec des personnages-non-joueurs avec un système de quêtes développé sur des sujets complexes). Typiquement, les jeux utilisés sont des jeux de rôles, de type classique (tous les scénarii sont créés par le développeur) ou bac à sable (les scénarii et la composition de l'environnement peuvent être modifiés par un pédagogue ou maître de jeu)

D'autres éléments doivent être pris en compte tels que la charge mentale, la représentation du joueur et la motivation. Fenouillet, Kaplan et Yenneck (2009) reprennent la typologie de Malonne (1981) et font, à propos, le lien entre les théories de la motivation et les caractéristiques essentielles d'un serious game. Un serious game doit proposer un défi au joueur, c'est-à-dire présenter des situations (environnements) d'incertitude. Le joueur doit évoluer dans cet environnement à l'aide d'une série d'objectifs bien définis et bien calibrés (ni trop simples ni trop

complexes). Le serious game doit pouvoir renvoyer des feedbacks sur les actions entreprises par le joueur (Procci & Bowers, 2014). Il doit éveiller la curiosité sensorielle et cognitive du joueur à travers une variation d'interactions et d'environnements graphiques et sonores. Le jeu doit offrir la sensation de contrôle au joueur, chaque action ayant une réaction dans l'environnement virtuel, l'amplitude de ces réactions variant selon les actions choisies. La figure 3.5 résume ces différents points.

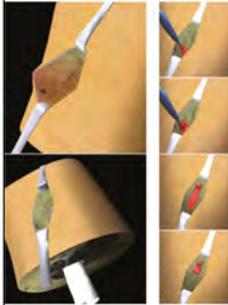
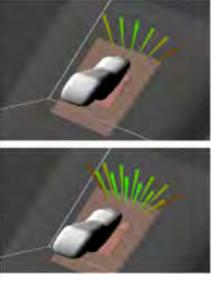
Enfin, le jeu doit offrir un environnement fantaisiste permettant l'implication émotionnelle du joueur. Cet environnement fantaisiste doit permettre la métaphore des actions du domaine étudié. Dans le même ordre d'idée, Lelardeux et al. (2012) développent le concept d'univers métaphorique, c'est-à-dire la substitution de l'univers du jeu à un contexte de référence dans lequel il est possible d'utiliser des éléments décrochés du réel et/ou abstraits pour motiver et immerger le joueur. Dans un cadre de formation initiale, si le contexte fantastique permet d'augmenter la motivation à l'apprentissage, il ne fait pas tout. Asgari et Kaufman (2010) concluent en caractérisant ce décrochage à la réalité comme étant une première accroche vers le dispositif d'apprentissage. Une deuxième étape pour augmenter l'immersion dans les dispositifs d'apprentissages et la création d'un univers persistant permettant au joueur d'incarner un avatar et de pouvoir interagir avec les autres joueurs. Dans le cadre de la formation des professionnels de santé, LeRoy Heinrichs, Davies et Davies (2012) définissent le concept de Serious Virtual World, c'est-à-dire un environnement virtuel où les professionnels viennent interagir, discuter, apprendre et mener des activités pédagogiques spécifiques à leur domaine (De Freitas, 2008a). Ces univers font donc rentrer l'élément social comme source de motivation et d'immersion supplémentaire. Pour de Freitas (2008b), la personnalisation de l'avatar est également une source d'immersion.

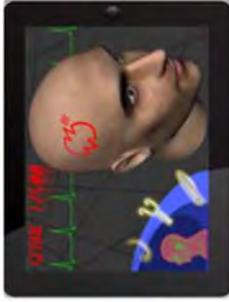
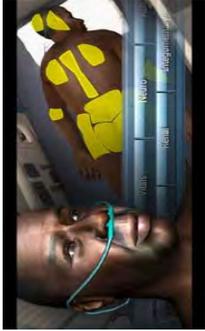
3.3 ÉTAT DES LIEUX DES SERIOUS GAMES ET UNIVERS DE FORMATION POUR LES PROFESSIONNELS DE LA SANTÉ

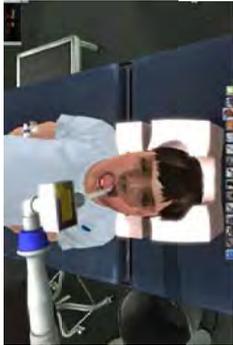
Lorsque l'on regarde les serious games pour la santé, la première distinction que nous pouvons établir est celle du public visé. Nombre de jeux sérieux pour la santé visent à sensibiliser un public le plus large possible sur des pratiques d'hygiène et de santé (i.e. Professionnels de la santé, patients, tout venant s'intéressant, de près ou de loin, à leur santé). Ces jeux, à teneur informative, sont classés dans la catégorie « Game For Health » (Fenouillet, Kaplan & Yennek, 2009). Nous nous intéresserons ici à un sous-groupe de cette catégorie visant la formation des professionnels de santé et plus particulièrement des professionnels du bloc opératoire.

Ricciardi et De Paolis (2014) ont récemment effectué une revue de ces jeux sérieux à destination des professionnels du bloc, nous nous en inspireront largement dans cette partie. Nous comparerons ces dispositifs avec la classification de Procci et Bowers (2014) sur les objectifs d'apprentissage (voir page suivante).

Attention : Toutes les données des tableaux suivants sont à considérer comme des **données probables issues des articles les concernant**. Nous n'avons pu tester tous les jeux.

Nom :	Orthopedic blood management game	The TKA (Total knee arthroplasty) & Off-pump coronary artery bypass grafting cardiac surgical procedure (OPCAB) training	Virtual ECG	A Serious Game for Learning Ultrasound-Guided Needle Placement Skills
Auteurs :	Quin et al, 2010	Cowan et al., 2010, 2011	University of South Wales, 2011	Chan, Qin, Chui et Heng, 2012
interface :				
Description :	Ce serious game permet un entraînement à la gestion des flux sanguins en chirurgie orthopédique. Le jeu offre un mode "stoppez la fontaine".	Cowan et al. présentent 2 serious game avec le même gameplay Le premier permet un entraînement au procédé chirurgical orthopédique Le second permet un entraînement aux pontages cardiopulmonaires	Le but de jeu dans ce serious game est de placer des électrodes aux bons endroits sur un patient virtuel. Une bonne configuration permettant une bonne lecture de l'ECG. En fin de partie l'ECG du joueur est comparé avec un enregistrement réalisé par un expert	Ce serious game permet un entraînement au placement d'aiguilles guidées par ultra-son. Le jeu contient également un set de recommandations
Type de jeu :	Simulation	Simulation	Simulation	Simulation
Plateforme :	PC + retour haptique	PC	Jeu Adobe Flash en ligne	PC
cibles :	Interne chirurgiens chirurgie orthopédique	Interne chirurgiens chirurgie orthopédique	Etudiants en médecine	Radiologistes
formation continue :	Non	Non	Non	Oui
Multijoueur :	Non	Oui (mais hors de la salle d'opération)	Non	Non
Objectifs d'apprentissage :	Entraînement aux compétences	Entraînement aux compétences	Entraînement aux compétences	Entraînement aux compétences
Compétences non techniques étudiées :	x	x	x	x

Nom :	Serious Game for Laparoscopic Suturing Training Needle Placement Skills	Z-DOC	VA Critical Thinking	Virtual Dental Implant Trainer (V-DIT)
Auteurs :	De Paolis, 2012	Shewaga, Knox, Kapralo et Dubrowski, 2013	Virtual Heroes Inc, 2011	BreakAway, 2010
interface :				
Description :	Ce serious game permet un entraînement aux sutures chirurgicales via deux dispositifs simulant la manipulation d'outils chirurgicaux permettant d'interagir avec un tissu virtuel	Ce serious game permet un entraînement à la méthode Z-plasty en chirurgie plastique afin d'améliorer le cosmétique des cicatrices. Les joueurs peuvent rentrer en compétition et comparer leurs scores pour augmenter le challenge.	Ce serious game est un jeu de quizz, Une situation clinique est présentée au joueur, celui-ci après avoir répondu à un ensemble de questions sur la situation accède à la liste de ses erreurs et bonnes réponses	Ce serious game est in simulateur d'interview. A travers une série de questions-réponses, le joueur doit découvrir pourquoi le patient souhaite un implant dentaire.
Type de jeu :	Simulation	Simulation gamifiée	Simulation	Simulation
Plateforme :	PC + retour haptique	PC	PC	PC
cibles :	Interne en chirurgie	Interne en chirurgie plastique	Infirmiers, IBODE	interne en chirurgie dentaire
formation continue :	Non	Non	Oui	non
Multijoueur :	Non	Non mais comparaison des scores possible	Non	non
objectifs d'apprentissage :	Entraînement aux compétences	Entraînement aux compétences	Apports en Connaissance déclarative	Entraînement aux compétences non techniques (investigation)
Compétences non techniques étudiées :	x	x	Conscience de la situation : <ul style="list-style-type: none"> - Comprendre l'information Prise de décision : <ul style="list-style-type: none"> - Identifier les options - Sélectionner la décision (cf partie 3.1, tableau 2) 	Conscience de la situation : <ul style="list-style-type: none"> - Comprendre l'information Prise de décision : <ul style="list-style-type: none"> - Identifier les options - Sélectionner la décision (cf partie 3.1, tableau 2)

Nom :	HumanSim: Sedation and Airway & HumanSim Anesthesia	3DiTeams & HumanSim	Pulse !!	CliniSpace
Auteurs :	Virtual Heroes Inc, 2015	Virtual Heroes Inc, 2007, 2011	BreakAway Games, 2007	Innovation in Learning Inc, 2010
interface :				
Description :	<p>Ces deux simulations sont un ensemble de scénarii sur les procédures d'anesthésie.</p> <p>Le premier vise l'apprentissage de la technique d'intubation en séquence rapide (ISR). Le jeu vise à développer l'acquisition de connaissances et la prise de décision. Le second modélise la dynamique de la pharmacologie clinique par le traçage des drogues à travers une simulation cardiovasculaire et pharmacocinétique.</p>	<p>Le projet 3diTeams vise à représenter un monde 3D comprenant différents aspects de l'hôpital dont le bloc opératoire, HumanSim est la simulation basée sur ce projet</p> <p>Les objectifs pédagogiques sont basés sur le modèle Team STEPPS (cf. partie 3.2)</p> <p>Une démo est sortie technique est sortie en 2011</p>	<p>Serious game permettant de confronter de nombreuses fois les joueurs à diverses situations critiques, tels que les accidents de la route ou des attaques bio-terroristes. La pédagogie est axée autour des choix effectués par les joueurs et de leurs conséquences immédiates dans l'environnement (Mc Donalds, Cannon-Bowers, & Bowers, 2010)</p>	<p>CliniSpace est une simulation (Foronda, Gattamorta, Snowden, Bauman, 2014) axé sur les communications entre les membres du bloc et le patient. Les interactions entre joueurs sont synchrones (chatbox), le rôle du patient est attribué à un joueur non-apprenant. De nombreux objets sont interactifs, les données physiologiques du patient évoluent avec les actions des joueurs</p>
Type de jeu :	Simulation	Simulation	Serious game	Simulation
Plateforme :	PC	ipad	PC	Web
cibles :	IADÉ, MAR, Chirurgien, IBODE	IADÉ, MAR, Chirurgien, IBODE, observateur	IADÉ, MAR, Chirurgien, IBODE	Internes et étudiants infirmiers
formation continue :	Oui	Oui	oui	Non
Multijoueur :	Non	Oui (jusqu'à 32 joueurs)	oui	Oui
objectifs d'apprentissage :	Prise de décision et relations complexes	?	Prise de décision et relations complexes	Prise de décision et relations complexes
Compétences non techniques étudiées :	<p>Prise de décision :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identifier les options - Sélectionner les décisions - Implémenter et évaluer la décision 	?	<p>Communication et travail d'équipe :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Echanger l'information - Coordonner les activités <p>Prise de décision :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identifier les options - Sélectionner les décisions <p>Conscience de la situation :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rechercher et comprendre l'information 	<p>Communication et travail d'équipe :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Echanger l'information - Coordonner les activités - Enoncer les actions à entreprendre <p>Prise de décision :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identifier les options - Sélectionner et transmettre les décisions - Implémenter et évaluer la décision

La plupart des jeux de notre revue sont des dispositifs ayant pour objectif l'entraînement aux compétences. Pulse !! et Clinispace ont chacun leur avantage. Pulse !! permet aux joueurs de résoudre des situations en équipe et s'adresse aux différents membres de l'équipe. Il permet également l'apprentissage de compétences non techniques comme la prise de décision. Clinispace permet d'aller plus loin dans l'apprentissage des compétences non techniques en incluant des tâches de planification, ce type de jeux permet donc de travailler sur les représentations mentales des joueurs et de prendre en compte un ensemble plus important de compétences cognitives.

Le serious game que nous allons présenter dans la partie suivante, et dans lequel s'inscrivent nos contributions scientifiques, vise à combiner les points positifs de ces deux derniers jeux en offrant un environnement 3D multijoueurs s'adressant à tous les membres de l'équipe chirurgicale et souhaitant développer les compétences non techniques liées aux représentations mentales tant individuelles que partagées.

3.4 INTRODUCTION AU SERIOUS GAME : 3D VIRTUAL OPERATING ROOM

3DVOR est un outil de formation numérique en 3D temps réel, multi-joueurs, interprofessionnel et collaboratif, sur la gestion des risques et sur la communication au bloc opératoire. Il est issu d'un projet de recherche et développement dont les principaux partenaires sont Serious Game Research Network (SGRN) porté par le Centre Universitaire Jean-François Champollion, les hôpitaux de Toulouse, et les sociétés KTM Advance et Novamotion. 3DVOR est un projet dirigé par Catherine Lelardeux et Pierre Lagarrigue (SGRN), Vincent Lubrano et Vincent Minville (Hôpitaux de Toulouse).

3DVOR a pour objectifs pédagogiques principaux la formation à la gestion des risques et la prévention des événements indésirables ainsi qu'au développement des compétences non techniques telles que la communication, la recherche et le partage d'informations, la prise de décision, le leadership et la prise de conscience de la situation. Il rentre dans la catégorie des serious games appliqués à la santé, c'est-à-dire tous dispositifs de jeux numériques ayant pour but de modifier, d'étendre la connaissance et d'améliorer les services de santé en traitant de sujets tels que la prévention ou la gestion des maladies, l'entraînement professionnel, l'acquisition d'habitudes de santé... (Tolentino & al., 2015).

A travers la représentation virtuelle d'un bloc opératoire, plusieurs joueurs évoluent en mode coopératif, pour mener à bien des objectifs de mission définis à chaque début de session. 3DVOR est donc un serious game multijoueur s'adressant aux opérateurs du bloc opératoire suivants : chirurgien(e)s, médecins anesthésistes réanimateur(trice), infirmiers(ères) de bloc opératoire diplômé(e)s d'Etat (IBODE) et infirmiers(ères) anesthésistes diplômé(e)s d'Etat (IADE).

La figure 3.5 est une capture d'écran de l'environnement 3D du bloc opératoire où sont présents chacun des représentants des corps de métiers susnommés.

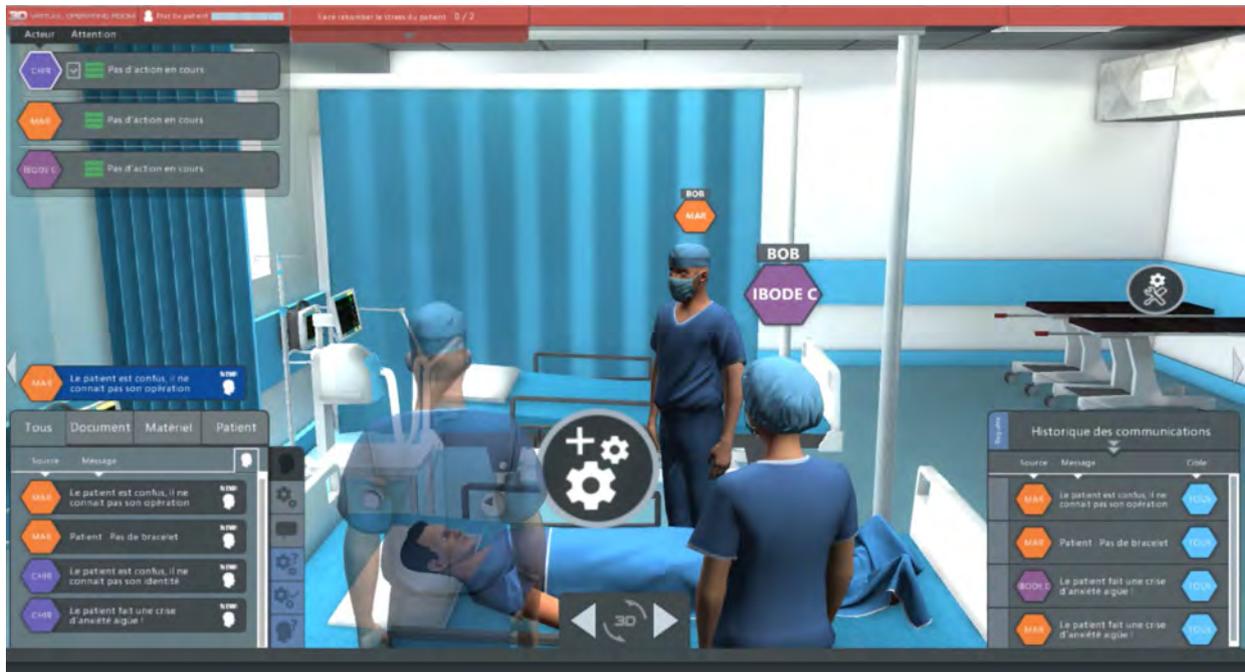


Figure 3.5 : Interface principale de 3DVOR ©, KTM Advance

3DVOR s'inscrit dans un dispositif de formation général où les sessions de jeux peuvent être réalisées sous la supervision d'un formateur. Le jeu sérieux fournit un feedback pédagogique adapté à chaque session et à chaque équipe. Il peut être complété par un débriefing du formateur. Inscrire un serious game multijoueurs dans un dispositif permet de renforcer la formation multidisciplinaire des professionnels de santé et permettrait la réduction des risques d'évènements indésirables au bloc liés aux actions coordonnées et aux problèmes de communication (Lermite & Pessaux, 2013).

Pour reprendre notre classification (Procci & Bowers, 2014), les objectifs d'apprentissages se situent tant au niveau des connaissances métacognitives que des prises de décisions complexes, les joueurs doivent planifier des séquences d'actions dont certaines auront un effet délayé dans le scénario. Le gameplay du jeu se base également sur la communication et la coordination d'équipe tant entre joueurs qu'avec des personnages non joueurs et leurs différents choix vont amener différents embranchements scénaristiques. Si chaque scénario visera des objectifs pédagogiques particuliers, la totalité des scénarii proposés aura pour but de développer l'ensemble de compétences non techniques présentées dans les tableaux de la partie 3.1 qui sont, pour rappel, regroupées dans les thématiques suivantes : gestion de la tâche, leadership, travail d'équipe et communication, prise de décision et conscience de la situation.

PROBLÉMATIQUE

Notre analyse de la littérature nous a amené à étudier certains modèles théoriques de la compréhension de la situation ainsi que les prises de décisions subséquentes. Nous avons établi notre vision systémique de l'organisation du bloc et exposé le modèle d'Endsley (1995) comme étant notre modèle théorique de référence pour expliquer les comportements des agents du bloc et le rôle de leurs compétences informationnelles dans l'établissement de leur représentation occurrente de la situation.

Comme nous l'avons présenté en introduction, l'axe d'étude choisi pour les travaux de cette thèse s'oriente autour de la gestion des informations par les opérateurs d'équipes chirurgicales.

Dans l'optique d'une analyse naturelle de la situation, nous commencerons par exposer nos travaux sur l'étude de terrain aux blocs opératoires des hôpitaux de Toulouse puis, nous présenterons une étude des comportements de prise d'informations dans les situations dégradées. Enfin, nous présenterons nos travaux sur la manipulation de la prise d'informations au sein d'une simulation.

Dans un premier temps, nous utiliserons les communications entre opérateurs lors d'opérations chirurgicales pour observer les mécanismes liés au besoin d'information. Selon Le Coadic (2004), l'opération centrale dans tout système d'information (tel que nous avons défini le bloc opératoire dans le chapitre 1) est l'interaction informationnelle entre l'utilisateur et le système, qu'elle soit médiatisée ou directe, c'est l'échange d'informations qui se réalise par une série de communications entre les partenaires. Nous porterons notre regard sur les mécanismes d'interactions informationnelles en nous référant au modèle de la conscience de la situation (Endsley, 1995), et particulièrement au niveau 1 de ce modèle, celui de l'observation. Cependant, seuls les agents humains seront étudiés dans cette analyse, nous parlerons « d'interaction informationnelle personne-personne » (Le Coadic, 2004). De plus, comme nous l'avons fait remarquer dans le chapitre 2, l'expertise a un effet modulateur sur les comportements liés à la prise de conscience de la situation. Au niveau des communications, et donc du besoin informationnel. Ce besoin devrait être influencé par la distance cognitive, c'est-à-dire *via* une relation basée sur le profit dans les échanges, plus cette distance est grande, plus la probabilité d'échange faiblit (Le Coadic, 2004). D'autre part, cela devrait se traduire par une modification de la nature des besoins informationnels, les experts ayant une compréhension de la situation différente de leurs homologues novices (i.e. partageant le même corps de métiers) (Klein, 1998). Comme nous l'avons évoqué dans le chapitre précédent, nous nous baserons sur les résultats

obtenus par Hazlehurst et al. (2007) ainsi que Parush et al. (2011) dont les analyses sont également fortement orientées par le modèle d'Endsley (1995). Hazlehurst et al. (2007) ont analysé 6 situations de coopération entre chirurgiens et perfusionnistes en cardiologie et dégagé 6 types d'échanges verbaux visant à partager la représentation occurrente de la situation : les directions, le partage des buts, le statut de la situation, les alertes, les explications et les échanges liés à la résolution de problème. L'étude de Parush (2011) a isolé 6 catégories d'interactions utilisées par les opérateurs du bloc : les requêtes, les annonces, les questions, les réponses, les confirmations, les répétitions. Nous avons évoqué dans le chapitre 3 notre étude préalable sur les compétences non techniques nécessaires à la maîtrise des risques au bloc. Deux catégories de compétences étaient nettement ressorties : la gestion des processus et la conscience de la situation. En utilisant les interactions relatives à ces deux catégories, nous nous poserons donc la question suivante : **Quelle est la pratique de communication entre les opérateurs du bloc en fonction de leur degré d'expérience et de leur rôle dans la salle d'opération ?**

L'étude 2 reprend les éléments observés dans l'étude 1, mais dans le cas d'une situation dégradée. Nous avons souhaité observer les variations des besoins informationnels nécessaires au passage entre le niveau 1 et 2 du modèle d'Endsley (1995) tant dans une situation ambiguë que nominale. Cependant, afin de réduire les risques encourus par les patients, nous réaliserons ces observations sous la forme d'une simulation informatique. L'avantage que nous pouvons en tirer (outre la satisfaction de réduire les risques d'observer le décès d'un patient) est l'arrêt temporaire de la simulation en cours de route, le gel de la situation, ce qui nous permettra d'utiliser des outils de mesure de la prise de conscience de la situation dans sa globalité (sur les 3 niveaux du modèle d'Endsley cette fois-ci). D'un point de vue méthodologique, nous nous appuyerons sur l'étude de Shultz et al. (2013) pour tester la combinaison de deux méthodes d'observation de la prise de conscience de la situation, à savoir l'utilisation d'un système d'eye-tracking pour mesurer le traitement des informations perçues. Nous utiliserons également un questionnaire SAGAT (Situation Awareness Global Assessment Technique) spécialement conçu pour la simulation et permettant de mesurer l'usage de ces informations dans la construction d'un modèle de la situation occurrente et de l'évolution des besoins informationnels lors de la phase de projection des états possibles du système. Si les mesures oculométriques ont déjà été utilisées dans le cadre d'expérimentations au bloc opératoire, elles l'ont été lors de simulations réalistes (simulations « grandeur nature » utilisant des mannequins, cf. chapitre 3) (Seagull, Xiao, McKenzie, Jabberri & Dutton, 1999 ; Tien, Zheng, Swindells, 2010 ; Shultz & al., 2013) ou de simulations partielles (Wilson et al., 2011). Afin de mettre en pratique l'étude de Shultz et al. (2013), nous allons utiliser une simulation virtuelle

permettant de figer le temps en plein scénario et d'y insérer le questionnaire SAGAT. Le but de cette étude étant de comprendre les mécanismes liés aux transferts d'informations dans l'élaboration de la représentation de la situation pour chaque opérateur de l'équipe chirurgicale. Nous souhaitons, à travers cette étude, comprendre les mécanismes cognitifs liés à l'usage des informations au sein d'un système dynamique et complexe. Nous nous poserons la question suivante : **Comment les opérateurs d'une équipe chirurgicale gèrent-ils leur besoin informationnel et ceux de leurs collègues, à travers l'élaboration de leur représentation et leur capacité à projeter les états futurs de cette situation ?**

Afin de clore notre analyse, nous élaborerons une troisième étude proposant deux mécanismes permettant d'influencer les comportements informationnels d'utilisateurs de serious games. Ces mécanismes s'articulent, tous deux, à travers l'interaction entre l'utilisateur et les agents représentés dans le jeu sous la forme de protagonistes participant à la résolution d'un cas clinique donné en salle de bloc opératoire. Ces agents pourront être plus ou moins actifs dans leurs comportements informationnels et ils pourront ou non prendre eux-mêmes des décisions. Le premier mécanisme est donc l'utilisation d'un vote en cours de scénario pour représenter les prises de décisions des divers protagonistes du jeu (agents et joueur), le deuxième mécanisme est l'usage de requêtes d'informations par les agents envers le joueur. Il n'existe, à notre connaissance, pas d'études relatives à cette thématique. Nous nous poserons ici la question suivante : **Est-il possible de créer un environnement numérique d'apprentissage permettant de favoriser l'adoption de comportements informationnels adéquats au sein d'une équipe chirurgicale ?**

CHAPITRE 4 : ÉTUDE DE LA PRISE DE CONSCIENCE DE LA SITUATION À TRAVERS LES COMMUNICATIONS ENTRE OPÉRATEURS

L'objectif de la présente étude est de répondre à la question : quelle est la pratique de communication entre les opérateurs du bloc en fonction de leur degré d'expérience et de leur rôle dans la salle d'opération ? Afin de le déterminer, nous allons analyser les communications des opérateurs du bloc sur le terrain, en observant le plus de corps de métiers possible et en tenant compte de leur nombre d'années d'expérience.

Nos observations se feront à travers 4 types d'opérations :

- Opération de Prothèses Totale de Hanche
- Opération de la cataracte
- Opération du neurinome VIII
- Opération de la vésicule biliaire sous coelioscopie

Ces opérations sont décrites en partie 4.1.1.2.

Nous observerons donc le type de message que les opérateurs émettent et à qui ils les destinent, en fonction de leur corps de métiers respectif (e.g. IBODE, MAR, IADE, chirurgien, interne). Nous allons, pour cela, codifier tous les messages envoyés par chacun des opérateurs, la grille de codage sera élaborée en référence au modèle d'Endsley en nous inspirant des travaux de Hazlehurst et al. (2007) ainsi que Parush et al. (2011). Plus précisément, le choix des schèmes de codage sera basé sur l'expérience de Blavier et Nyssen (2010) que nous présenterons en partie 4.1.4.2. Nous prendrons également en considération le nombre d'années d'expérience des opérateurs. Cette étude devrait permettre d'identifier l'effet du corps de métier sur la quantité de verbalisations liées aux compétences non techniques de gestion des processus ou de conscience de la situation. Elle devrait également permettre d'établir les partenaires préférentiels de chaque émetteur.

4.1 MÉTHODE

Afin d'analyser les mécanismes de communication verbale entre les différents opérateurs du bloc, nous avons réalisé 6 enregistrements vidéos d'opérations chirurgicales qui se sont déroulées au Centre Hospitalier Universitaire de Toulouse. Nous avons étudié deux opérations de prothèse de hanches, deux opérations de cataracte, une opération du neurinome et une opération de la vésicule du foie.

4.1.1 Description de la population

4.1.1.1 Les participants

Sur 33 opérateurs observés, 42,4% sont des hommes et 57,6% des femmes. Un tiers de l'échantillon a entre 18 et 30 ans, un tiers entre 31 et 40 ans et un tiers entre 41 et 60 ans. Nous avons également relevé le nombre d'années d'expérience de chacun des opérateurs, 21,21% ont moins de 5 ans d'expérience, 33,33% ont entre 5 et 10 ans d'expérience et 45,45% ont plus de 10 ans d'expérience.

Pour chaque opération, nous avons considéré, lorsqu'ils étaient présents, les opérateurs suivants (cf. figure 4.1) :

- Le corps chirurgical :
 - Le/la Chirurgien(ne)
 - L'interne
- Le corps infirmiers :
 - L'Infirmier(e) de Bloc Opératoire Diplômé(e) d'Etat (IBODE), assurant le rôle de circulante
 - L'Infirmier(e) de Bloc Opératoire Diplômé(e) d'Etat (IBODE), assurant le rôle d'instrumentiste
- Le corps anesthésique :
 - Le Médecin Anesthésiste Réanimateur (MAR)
 - L'infirmier(e) Anesthésiste Diplômé(e) d'Etat (IADE)

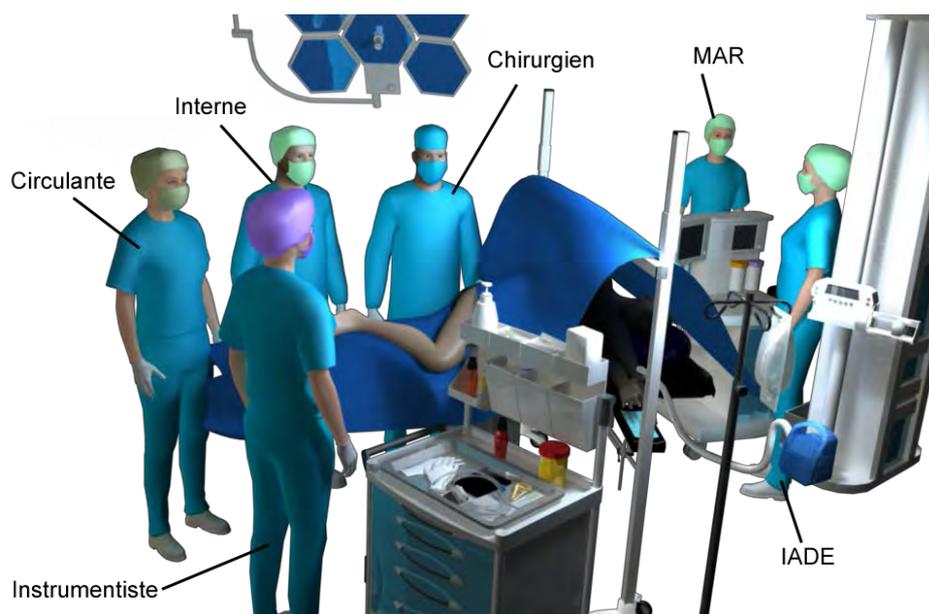


Figure 4.1 : Organisation du bloc opératoire ©SGRN

Pour rappel (cf. partie 1.4 pour une description des rôles plus approfondie), les opérateurs agissant dans la zone stérile du bloc opératoire sont :

- Le/la chirurgien(ne)
- L'interne
- L'infirmier(ère) instrumentiste

Les opérateurs agissant dans la zone non stérile du bloc opératoire (i.e. à plus de 30 cm du patient) sont :

- L'infirmier(ère) circulant(e) :
- L'IADE
- Le MAR

Cette organisation géographique de la salle peut, selon le type d'opération, influencer les communications. Par exemple, pour certaines opérations, le MAR et l'IADE sont coupés de la zone d'opération par drapage protégeant le patient, nommé champ opératoire stérile (cf. figure 4.2 en partie 4.1.3).

4.1.1.2 Les opérations filmées

Nous avons donc filmé quatre types d'opération :

- Opération de Prothèses Totale de Hanche (PTH) : Cette opération consiste à remplacer l'articulation usée de la hanche par une prothèse afin d'en assurer le bon fonctionnement.
- Opération de la cataracte : Cette opération consiste à remplacer le fragment de cristallin défectueux à l'aide d'une sonde à ultrasons, puis à replacer l'implant sous l'enveloppe du cristallin de l'œil.
- Opération du neurinome VIII (ou neurinome du nerf acoustique) : Cette opération consiste à retirer la tumeur bénigne de l'angle ponto-cérébelleux (situé dans la zone postérieure du crâne, en arrière de l'oreille) et permet de résorber les symptômes comme l'ataxie (trouble de l'équilibre), les acouphènes, les baisses de l'acuité auditive, les céphalées...
- Opération de la vésicule biliaire sous coelioscopie : Cette opération consiste à effectuer l'ablation de la vésicule biliaire, en cas de formation de calculs potentiellement responsables d'infections ou de pancréatite, à l'aide d'une petite caméra introduite au niveau de l'abdomen (technique de la coelioscopie).

Les corps de métiers des chirurgiens et des infirmier(e)s circulant(e)s sont représentés une fois par opération ; ils représentent 18% de l'équipe. L'instrumentiste (21%) est représenté deux fois lors de l'opération de neurinome. L'IADE et le MAR sont, chacun, absents d'une opération (respectivement le neurinome et la vésicule coelioscopique), ils sont, tous deux, représentés à 15%. Enfin, les internes (12%) sont représentés deux fois lors d'une opération de PTH, et non présents lors des opérations de cataractes et de vésicules coelioscopiques.

Le tableau 4.1 présente les différents participants/opérateurs et leurs caractéristiques.

Tableau 4.1: Description des participants

Rôle	Tranche d'âge	Sexe	Expérience	Opération
Chirurgien	31-40 ans	M	De 5 à 10 ans	1ère Cataracte
Circulante	41-50 ans	F	Plus de 10 ans	1ère Cataracte
IADE	41-50 ans	F	Plus de 10 ans	1ère Cataracte
Instrumentiste	18-30 ans	F	De 5 à 10 ans	1ère Cataracte
MAR	41-50 ans	M	Plus de 10 ans	1ère Cataracte
Chirurgien	31-40 ans	M	De 5 à 10 ans	2ème Cataracte
Circulante	41-50 ans	F	Plus de 10 ans	2ème Cataracte
IADE	41-50 ans	F	Plus de 10 ans	2ème Cataracte
Instrumentiste	18-30 ans	F	De 5 à 10 ans	2ème Cataracte
MAR	41-50 ans	M	Plus de 10 ans	2ème Cataracte
Chirurgien	31-40 ans	M	De 5 à 10 ans	Vésicule coelioscopique
Circulante	18-30 ans	F	Moins de 5 ans	Vésicule coelioscopique
IADE	31-40 ans	F	De 5 à 10 ans	Vésicule coelioscopique
Instrumentiste	31-40 ans	F	De 5 à 10 ans	Vésicule coelioscopique
Chirurgien	41-50 ans	M	Plus de 10 ans	1ère Prothèse de hanche
Circulante	18-30 ans	F	Moins de 5 ans	1ère Prothèse de hanche
IADE	31-40 ans	F	De 5 à 10 ans	1ère Prothèse de hanche
Instrumentiste	41-50 ans	F	Plus de 10 ans	1ère Prothèse de hanche
Interne	18-30 ans	M	Moins de 5 ans	1ère Prothèse de hanche
MAR	31-40 ans	M	Plus de 10 ans	1ère Prothèse de hanche
Chirurgien	50-60 ans	M	Plus de 10 ans	2ème Prothèse de hanche
Circulante	18-30 ans	F	Moins de 5 ans	2ème Prothèse de hanche
IADE	31-40 ans	F	De 5 à 10 ans	2ème Prothèse de hanche
Instrumentiste	41-50 ans	F	Plus de 10 ans	2ème Prothèse de hanche
Interne	18-30 ans	M	Moins de 5 ans	2ème Prothèse de hanche
Interne	18-30 ans	F	Moins de 5 ans	2ème Prothèse de hanche
MAR	31-40 ans	M	Plus de 10 ans	2ème Prothèse de hanche
Chirurgien	31-40 ans	M	Plus de 10 ans	Neurinome
Circulante	18-30 ans	M	De 5 à 10 ans	Neurinome
Instrumentiste	31-40 ans	F	De 5 à 10 ans	Neurinome
Instrumentiste	18-30 ans	F	De 5 à 10 ans	Neurinome
Interne	18-30 ans	F	Moins de 5 ans	Neurinome
MAR	41-50 ans	M	Plus de 10 ans	Neurinome

4.1.2 Matériel

4.1.2.1 Disposition des caméras

Chaque opération a été filmée selon trois vues différentes (cf. figure 4.2) :

- Deux vues couvrant l'ensemble de l'opération, une vue sur la zone anesthésie (point de vue du corps anesthésique, cam1) et une vue sur la zone de chirurgie (point de vue des corps chirurgical et infirmier, cam 2).
- Une vue en caméra mobile permettant une observation plus précise d'un évènement particulier (pour prévenir un éventuel évènement indésirable, par exemple, cam 3).

L'ensemble des caméras ont été gérées par deux observateurs présents au bloc.

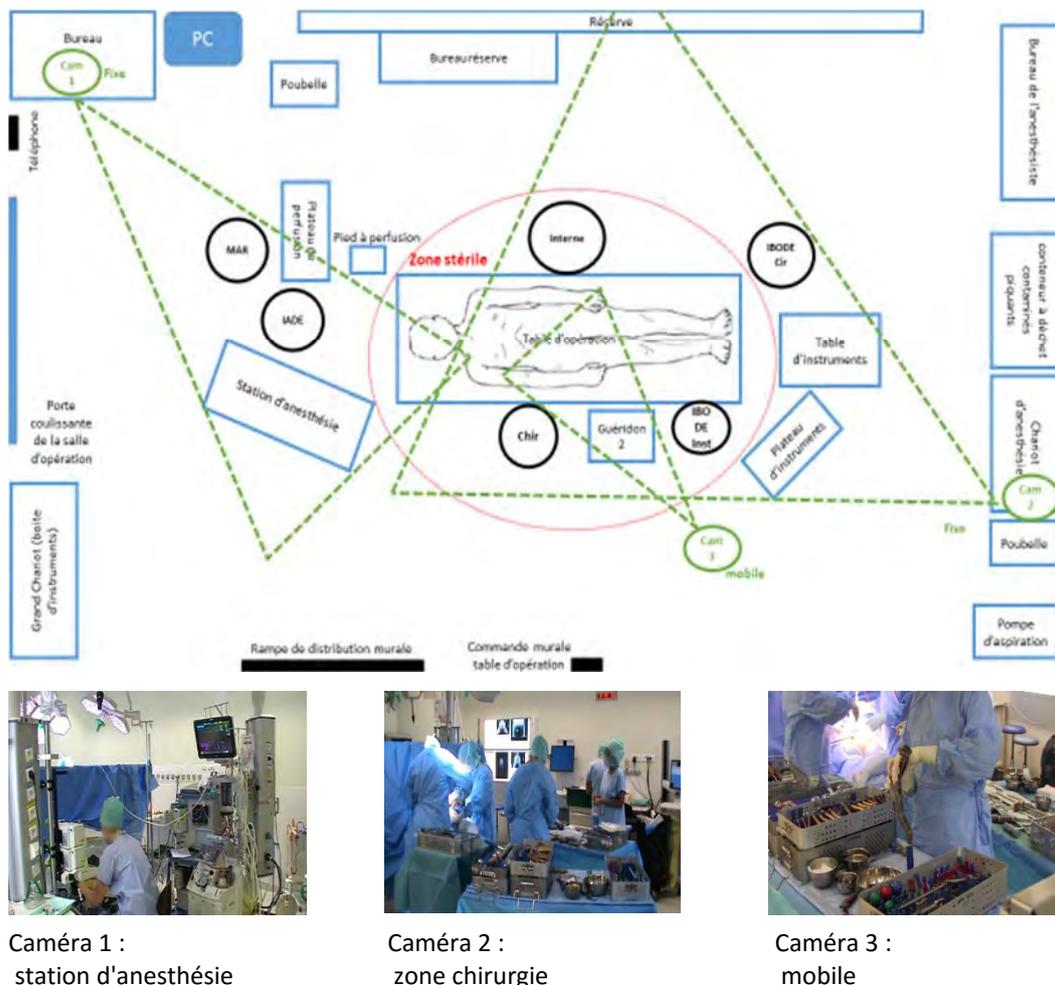


Figure 4.2 : Schéma du placement des caméras dans le bloc opératoire

4.1.2.2 *Retranscription des films obtenus*

Nous avons dans un premier temps retranscrit le contenu audio des 28 heures de vidéos, soit :

- Prothèse Totale de Hanche : 12h de vidéo
- Vésicule Coelioscopique : 4h de vidéo
- Neurinome : 9h de vidéo
- Cataracte : 3h de vidéo

Tous les dialogues entre chaque opérateur ont été retranscrits et analysés chronologiquement, d'après une adaptation de la classification simple de Shanon et Weaver (1949) à notre situation :

- Emetteur : caractérisé par son rôle et son niveau d'expertise
- Contenu du message
- Récepteur(s) : caractérisé par son rôle et son niveau d'expertise

Nous avons également ajouté des données contextuelles :

- Le temps de l'opération : nous avons synchronisé le temps des trois vidéos à partir de la première vidéo lancée lors de l'enregistrement au bloc.
- Le temps opératoire : Anesthésie, Checklist, temps opératoire, Time Out et phase de réveil (le cas échéant).

Le résultat des retranscriptions forme en ensemble de 1593 énoncés, soit 68 pour la Cataracte 1, 57 pour la Cataracte 2, 144 pour la vésicule coelioscopique, 156 pour la PTH 1, 422 pour la PTH 2 et 746 pour le Neurinome.

4.1.3 **Codage des communications et variables**

Nous avons ensuite codé les transcriptions des communications verbales en adaptant la grille d'analyse de Blavier et Nyssen (2010). Nous avons retenu 6 dimensions de communication groupées en deux fonctions principales :

1) *La fonction de gestion des processus :*

- Les communications directives : Les instructions spatiales (ex : « avance vers moi ») et les indications sur les gestes et les actions (ex : « passe au-dessus de ma pince »). Ces communications portent sur la manipulation des instruments et les gestes à effectuer.

- Les communications qui sont des ordres : (ex : « donne-moi une autre pince »). Ces communications concernent des demandes de matériels.
- Les communications de planification : (ex : « il faudrait commencer par la trompe gauche »). Ces communications portent sur l'établissement de plans d'actions.

2) *La fonction de prise de conscience de la situation :*

- Les communications informatives (ex : « La tension du patient est à 12.8 ») ces communications sont des apports d'informations (affirmatives ou négatives) orientés vers un objet de l'environnement.
- Les communications interrogatives : questions sur l'ensemble du contexte (ex : « On a combien d'internes aujourd'hui ? ») Ces communications concernent des demandes d'informations.
- Les communications de confirmation (ex : « tu m'as dit 12.8 pour la tension ? »). Ces communications attestent de la bonne réception du message transmis.

Lors de l'activité de codage, nous avons donc observé le nombre d'occurrences pour chaque type de communication et chaque interlocuteur afin d'évaluer l'influence du rôle de l'opérateur ainsi que de son degré d'expérience dans ce rôle. Compte tenu que les opérations avaient des durées d'observation variant de 45 min à 9h, le nombre d'occurrences des verbalisations émises pouvait varier, non seulement, du fait de nos variables indépendantes, mais aussi du fait de la durée de l'opération (plus une opération est longue plus le nombre d'occurrences par opérateur augmente). Aussi, avons-nous réduit les observations à un dénominateur commun sous forme de pourcentage.

Nous avons demandé le nombre d'années d'expérience des opérateurs filmés lors des séances de films, nous avons établies 3 catégories :

- Moins de 5 ans d'expérience
- De 5 à 10 ans d'expérience
- Plus de 10 ans d'expérience

Comme nous ne disposions pas dans l'échantillon, de médecins anesthésistes réanimateurs (MAR) de moins de 10 ans d'expérience et d'interne de plus de 5 ans d'expérience, nous ne pouvions pas comparer ces deux groupes aux autres, nous avons donc choisi de les retirer de l'analyse. Enfin, le seul groupe restant ayant un niveau d'expérience de moins de 5 ans est celui des circulantes, nous avons donc choisi de dichotomiser la VI « expérience » en deux modalités : « moins de 10 ans » et « plus de 10 ».

Pour résumer nos variables sont donc :

Variables Indépendantes :

- Nombre d'années d'expérience des personnes observées
- Corps de métiers des personnes observées

Variables dépendantes :

- Types de communications émises (VD1)
- Choix des interlocuteurs (VD2)

4.1.4 Hypothèses

L'objectif de cette étude est de comprendre comment l'expérience et le corps de métiers des opérateurs impactent leur comportement communicatif.

Les hypothèses de cette étude sont les suivantes :

- H1 : Il existe des canaux de communications préférentiels entre certains opérateurs :
 - o H1a : Le MAR développe un canal préférentiel avec l'IADE
 - o H1b : L'instrumentiste possède, en proportion égale, un canal préférentiel avec le chirurgien et un autre avec la circulante.
 - o H1c : L'interne développe un canal préférentiel avec le chirurgien.
- H2 : Chaque corps de métier possède un pattern de communication basé sur une typologie de mode de communication qui lui est propre :
 - o H2a : L'IADE, la circulante et l'interne émettent plus de communications liées à la prise de conscience de la situation. De façon plus précise : l'IADE au niveau des informations et des interrogations, la circulante au niveau des interrogations et des confirmations et l'interne au niveau des interrogations.
 - o H2b : Le chirurgien et l'instrumentiste émettent plus de communications liées à la gestion des processus, le chirurgien au niveau des ordres, l'instrumentiste au niveau des directives.
 - o H2c : Le MAR émet autant de communications liées à la prise de conscience de la situation que de communications liées à la gestion des processus, avec principalement des interrogations et des directives.
- H3 : Le niveau d'expertise vient moduler les patterns de communication :
 - o H3a : Les experts de plus de 10 ans d'expérience émettent plus de communications liées à la gestion des processus et moins de communications liées à la prise de conscience de la situation que les niveaux moins expérimentés de moins de 10 d'expérience.

4.2 RÉSULTATS

Pour rappel, lors de cette étude, nous avons souhaité déterminer les effets du degré d'expérience d'un opérateur (VI1) et du corps de métier (VI2) sur les types de communications émises (VD1) et les choix des interlocuteurs (VD2).

Nous avons effectué des ANOVA à mesures répétées sur le pourcentage de communications émises par chacun des opérateurs en mesurant les interactions entre l'expérience de l'opérateur et le rôle tenu par celui-ci sur le type de communication émise, dans un premier temps, puis sur le choix des interlocuteurs dans un second. Ensuite, afin de tester nos hypothèses, nous avons réalisé une série de comparaisons planifiées et de test de Tukey pour comparer les différents groupes de l'échantillon, ce pour chacune des VD (VD1 et VD2).

4.2.1 Effet du degré d'expérience et du corps de métier sur le type de communications émises

4.2.1.1 Différences entre les communications liées à la prise de conscience de la situation et celles liées à la gestion des processus

La première partie de l'analyse concerne les différences entre les messages liés à la conscience de situation (messages d'information, d'interrogation et de confirmation) et ceux liés à la gestion des processus (messages directifs, des ordres et des planifications).

La différence entre les émissions de communications liées à la prise de conscience de la situation ($M=70,49$; $ET=18,79$) et les émissions de communications liées à la gestion des processus ($M=29,51$; $ET=18,79$) est significative ($F(1,16)=83,14$; $p<.001$; $\eta_p^2 = 0,967$). **Les opérateurs font significativement plus de verbalisations liées à la conscience de la situation qu'à la gestion des processus.**

Nous ne constatons pas d'effet d'interaction significatif entre le type de communication et le rôle tenu par l'opérateur ($F(5,22)=0,9$; $p>0.5$) (cf. figure 4.3).

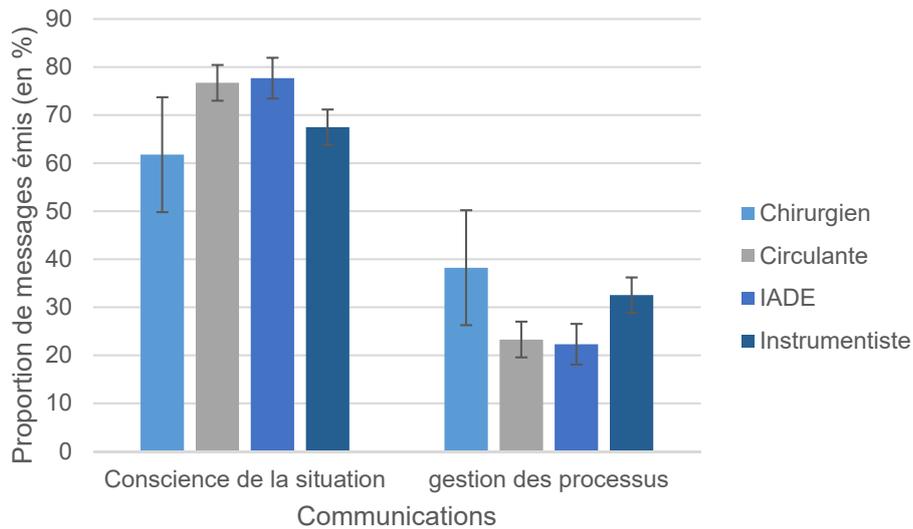


Figure 4.3 : Proportion de type de communications émises en fonction du rôle des opérateurs

Nous constatons ensuite une interaction non significative mais tendancielle entre le type de communication et l'expérience de l'opérateur ($F(1,16)=3,8 ; p=0,067 ; \eta_p^2= 0,194$) (cf. figure 4.4). **Les opérateurs de plus de 10 ans d'expérience ($M=35,48 ; ET=16,82$) ont tendance à émettre plus de messages liés à la gestion des processus que les opérateurs de moins de 10 ans d'expérience ($M=26,96 ; ET=18,75$) ($F(1,16)=3,85 ; p=0,067$).** Inversement, **les opérateurs de plus de 10 ans d'expérience ($M=64,52 ; ET=16,82$) émettent, tendanciuellement, moins de messages liés à la prise de conscience de la situation que les opérateurs de moins de 10 ans d'expérience ($M=73,04 ; ET=18,75$) ($F(1,16)=3,85 ; p=0,067$).**

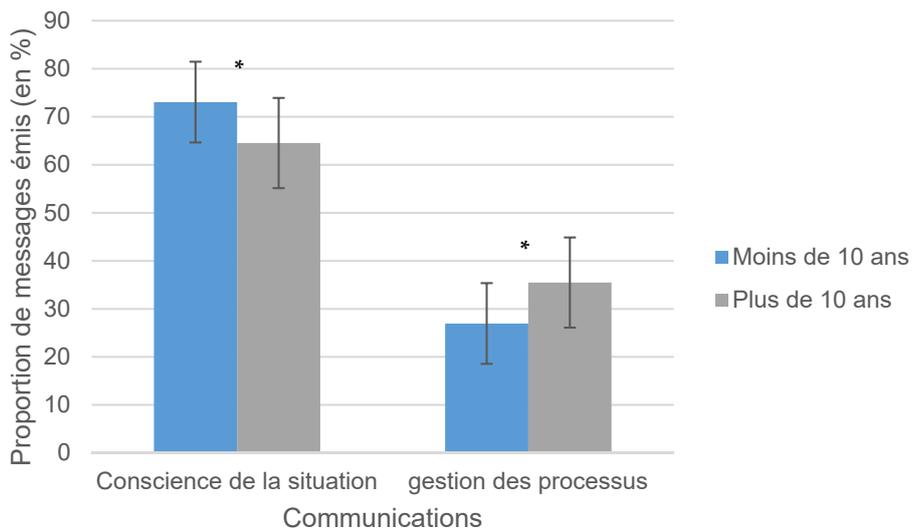


Figure 4.4 : Proportion de type de communications émises en fonction du nombre d'années d'expérience des opérateurs
* : différence significative

Nous avons également réalisé des comparaisons planifiées entre chaque corps de métier indépendamment selon leur niveau d'expérience.

L'analyse en comparaisons planifiées montre que **les chirurgiens de plus de 10 ans d'expérience émettent significativement plus de communications sur la gestion des processus** ($M=52,62$; $ET=19,52$) **et significativement moins de communications liées à la prise de conscience de la situation** ($M=47,38$; $ET=19,52$) **que les chirurgiens ayant moins de 10 ans d'expérience** (respectivement $M=23,86$; $ET=20,8$ et $M=76,14$; $ET=20,8$) ($F(3,16)=5,45$; $p<0,05$) (cf. figure 4.5).

Nous avons ensuite comparé les moyennes obtenues par les IADE. Concernant les communications liées à la gestion des processus ou à la prise de conscience de la situation, il n'y a pas de différence significative entre les IADE de moins de 10 d'expérience (respectivement $M=29,72$; $ET=10,67$ et $M=70,28$; $ET=10,67$) et les IADE de plus de 10 ans d'expérience (respectivement $M=17,37$; $ET=8,71$ et $M=82,63$; $ET=8,71$) ($F(1,16)=0,80$; $p>0,1$).

Nous avons également comparé les moyennes obtenues par les infirmières instrumentistes. Concernant les communications liées à la gestion des processus ou à la prise de conscience de la situation, il n'y a pas de différence significative entre les instrumentistes de moins de 10 d'expérience (respectivement $M=38,82$; $ET=6,75$ et $M=61,18$; $ET=6,75$) et les instrumentistes de plus de 10 ans d'expérience (respectivement $M=16,78$; $ET=10,67$ et $M=83,22$; $ET=10,67$) ($F(1,16)=3,05$; $p>0,1$).

Enfin pour les infirmières circulantes, la différence entre le groupe des circulantes ayant moins de 10 ans d'expérience et le groupe des circulantes ayant plus de 10 ans d'expérience est significative ($F(1,16) = 3,85$; $p<0,05$). **Les circulantes ayant moins de 10 ans d'expérience font plus de communications liées à la prise de conscience de la situation** ($M=85,00$; $ET=2,12$) **et moins de communications liées à la gestion des processus** ($M=15,00$; $ET=2,12$) **que les circulantes ayant plus de 10 ans d'expérience** (respectivement $M=55,56$; $ET=15,71$ et $M=44,44$; $ET=15,71$).

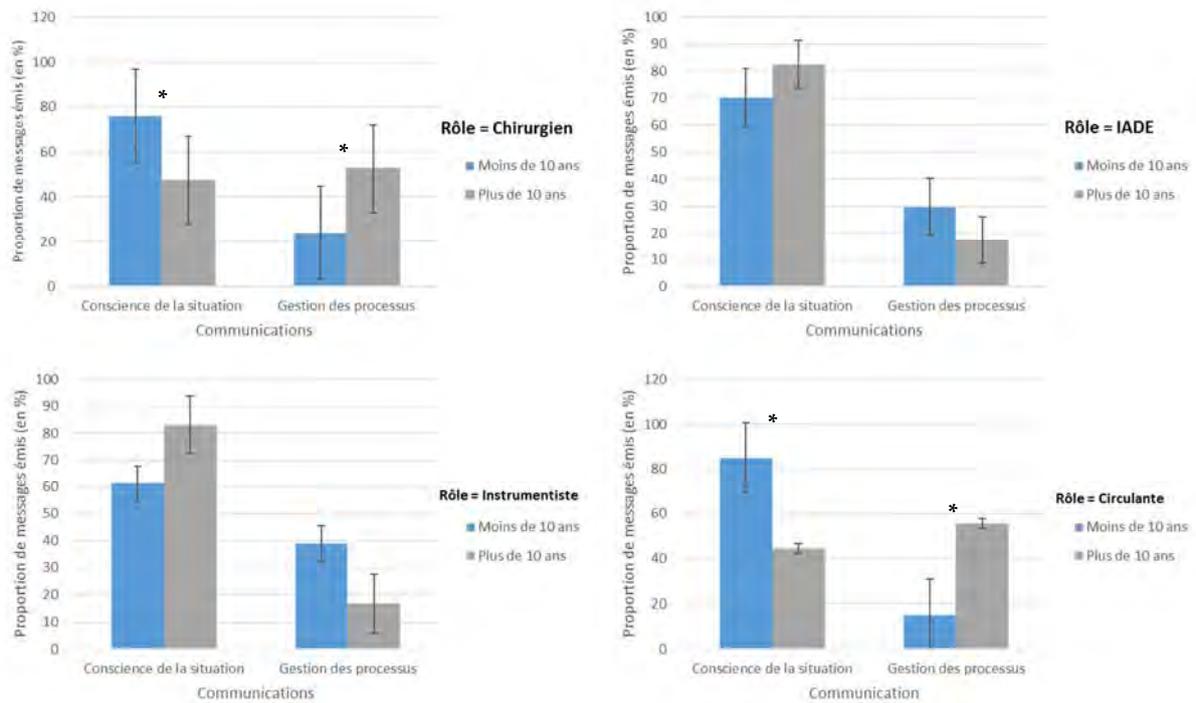


Figure 4.5 : Proportion de type de communications émises pour chaque rôle en fonction de leur degré d'expérience
 * : différence significative

4.2.1.2 Différences entre tous les types de communication

Dans un second temps, nous avons analysé, à l'aide d'ANOVA à mesures répétées, les effets des rôles de chaque opérateur et de leur degré d'expérience sur l'émission des types de communications suivantes : Information, Interrogation, Confirmation, Directive, Ordre, Planification.

Nous ne constatons pas d'effet d'interaction significatif entre le type de communication et le rôle tenu par l'opérateur ($F(15,33)=1,87 ; p>0.5$). **L'analyse statistique montre tout de même un effet significatif de l'expérience sur le type de communications émises** ($F(5,12)=4,16 ; p<0.5 ; \eta_p^2= 0,634$).

Une analyse en comparaisons planifiées montre effectivement une différence significative concernant les communications liées à la planification entre les opérateurs de moins de 10 ans d'expérience ($M=1,53 ; ET=0,71$) et les opérateurs de plus de 10 ans d'expérience ($M=7,63 ; ET=3,62$) ($F(5,12)=4.16 ; p<0,05$). **Les opérateurs de plus de 10 ans d'expérience émettent significativement plus de verbalisations liés à la gestion des processus.**

Il n'y a pas d'interaction significative entre le rôle de l'opérateur et son degré d'expérience sur le type de communications émises ($F(15,33)=1.76 ; p>0,1$) (cf. figures 4.6 et 4.7).

Un test HSD de Tukey montre des différences significatives selon les rôles concernant les communications d'ordre émises. **Les deux chirurgiens de plus de 10 ans d'expérience ($M=37,67 ; ET=6,44$) émettent significativement plus d'ordre que les IADE ($p<0,05$), les circulantes ($p<0,05$) et les instrumentistes ayant moins de 10 ans d'expérience ($p<0,05$) (respectivement $M=4,05 ; ET=6,44$, $M=6,57 ; ET=5,57$ et $M=9,44 ; ET=4,98$).**

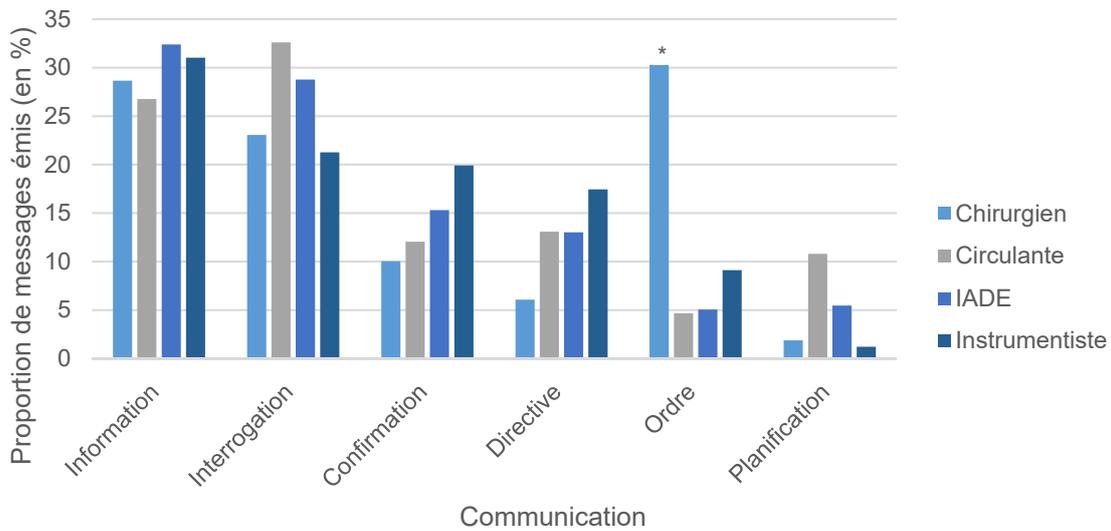


Figure 4.6 : Comparaison des types de communication selon les rôles des opérateurs

*: différence significative

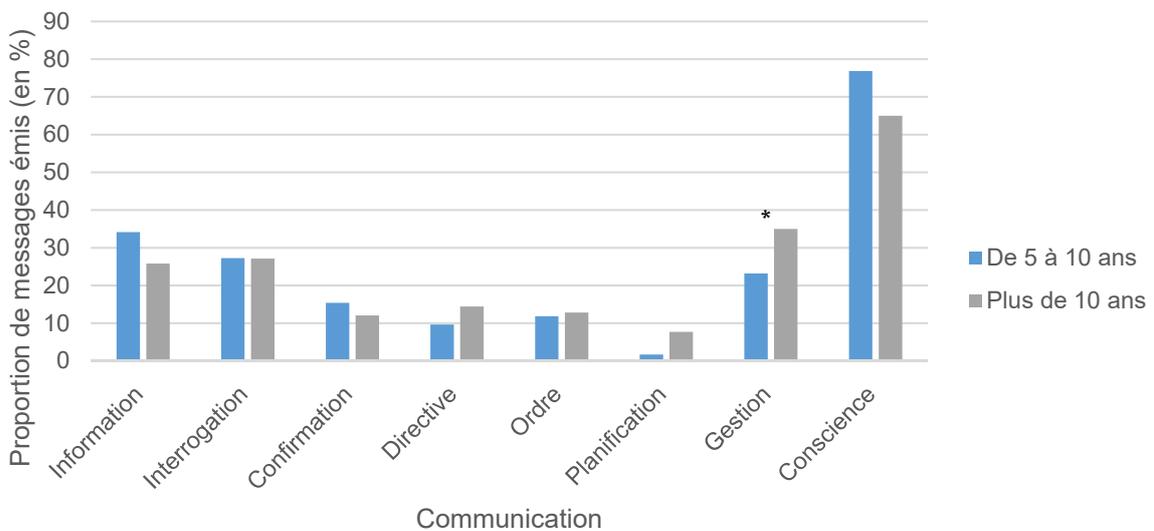


Figure 4.7 : Comparaison des types de communication selon le degré d'expérience des opérateurs

*: différence significative

4.2.2 Effet du degré d'expérience et du corps de métier sur le choix des interlocuteurs

L'ANOVA à mesures répétées testant les effets du rôle des opérateurs et de leur degré d'expérience sur le choix des interlocuteurs montre **une interaction significative entre le rôle et le choix des interlocuteurs** ($F(18,32)=8,13$; $p<0,01$; $\eta_p^2= 0,996$). Il n'y a pas d'interaction significative entre le degré d'expérience et le choix des interlocuteurs ($F(6,11)=1,13$; $p>0,1$). Par contre, **on note un effet d'interaction significatif entre le rôle, le degré d'expérience et le choix des interlocuteurs** ($F(18,32)=2,60$; $p<0,01$; $\eta_p^2= 0,621$).

Pour approfondir l'effet des rôles, nous avons réalisé un test HSD de Tukey.

Les **chirurgiens sont sollicités significativement plus souvent comme interlocuteurs principaux** ($p<0,05$) **par l'instrumentiste** ($M=34,15$; $ET=12,46$), comparativement à la circulante ($M=14,18$; $ET=6,30$) et à l'IADE ($M=19,70$; $ET=8,78$) (cf. figure 4.8).

Les **IADE** ne sont sollicités en priorité ni par les IBODE circulantes et instrumentistes, ni par les chirurgiens ($p>.05$), ni par un niveau d'expérience en particulier ($p>.05$). Les chirurgiens ($M=9,41$; $ET=5,66$) ne sélectionnent pas plus les IADE comme interlocuteurs principaux que les circulantes ($M=37,84$; $ET=19,92$) ($p>.1$) ou que les instrumentistes ($M=33,01$; $ET=17,77$) ($p>.1$) (cf. figure 4.8).

Les **instrumentistes** ne sont sollicités en priorité ni par les IBODE circulantes, ni par les chirurgiens, ni par les IADE ($p>.05$), ni par un niveau d'expérience en particulier ($p>.05$). Les chirurgiens ($M=60,65$; $ET=14,32$) ne sélectionnent pas plus l'instrumentiste comme interlocuteur principal que les circulantes ($M=54,65$; $ET=13,81$) ($p>.1$) ou que les IADE ($M=23,69$; $ET=8,89$) ($p>.1$) (cf. figure 4.8).

Les **circulantes sont sollicités significativement plus souvent comme interlocuteurs principaux** ($p<.05$) **par les instrumentistes** ($M=35,24$; $ET=11,47$) c aux chirurgiens ($M=14,18$; $ET=7,34$) (cf. figure 4.8).

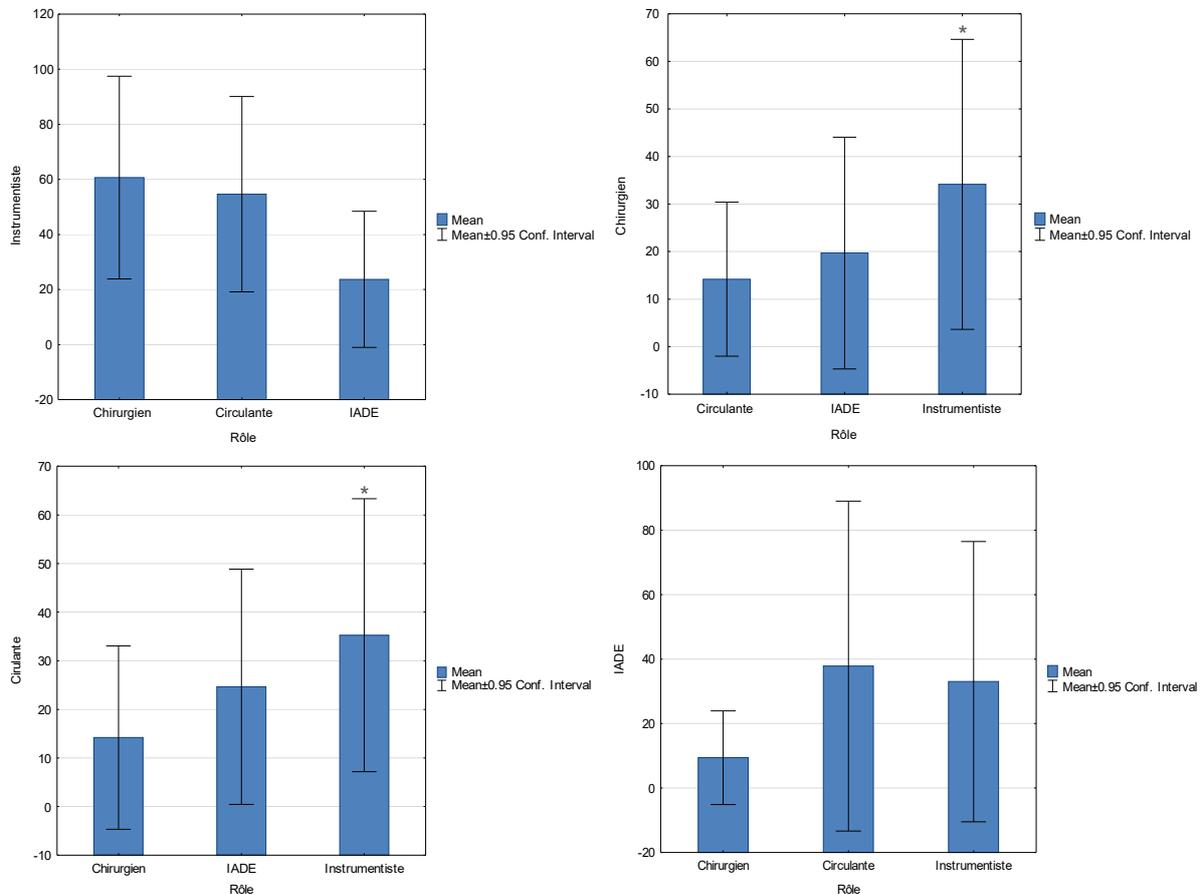


Figure 4.8 : Comparaison des différents rôles sur le choix des interlocuteurs

*: différence significative

4.2.3 Synthèse des principaux résultats

Rappelons rapidement les résultats de cette analyse :

L'hypothèse H1 « *Il existe des canaux de communications préférentiels entre certains opérateurs* » n'est que partiellement vérifiée. En effet l'hypothèse H1a « *Le MAR développe un canal préférentiel avec l'IADE* » n'est pas validée. Par manque de données, l'hypothèse H1c « *L'interne développe un canal préférentiel avec le chirurgien* » n'a pu être testée. Cependant **l'hypothèse H1b « L'instrumentiste possède, en proportion égale, un canal préférentiel avec le chirurgien et un autre avec la circulante » est validée.** En effet, les chirurgiens sont choisis significativement plus souvent comme interlocuteurs principaux par l'instrumentiste et les circulantes sont choisies significativement plus souvent comme interlocuteurs principaux par les instrumentistes.

L'hypothèse H2 « Chaque corps de métier possède un pattern de communication basé sur une typologie de mode de communication qui lui est propre » est partiellement validée. De manière générale, l'hypothèse H2a « L'IADE, la circulante et l'interne émettent plus de communications liées à la prise de conscience de la situation. De façon plus précise : l'IADE au niveau des informations et des interrogations, la circulante au niveau des interrogations et des confirmations et l'interne au niveau des interrogations » n'est pas validée. L'hypothèse H2b « Le chirurgien et l'instrumentiste émettent plus de communications liées à la gestion des processus, le chirurgien, au niveau des ordres, l'instrumentiste au niveau des directives » n'est pas validée. **Les opérateurs font significativement plus de verbalisations liées à la conscience de la situation que de communications liées à la gestion des processus quel que soit leur corps de métier.** L'hypothèse H2c « Le MAR émet autant de communications liées à la prise de conscience de la situation que de la gestion des processus, avec principalement des interrogations et des directives » n'a pu être testée.

L'hypothèse H3 « Le niveau d'expertise vient moduler les patterns de communication est partiellement validée. **L'hypothèse H3a « Les experts de plus de 10 ans d'expérience émettent plus de communications liées à la gestion des processus et moins de communications liées à la prise de conscience de la situation que les moins de 10 ans d'expérience » n'est pas validée, mais les résultats tendent vers l'hypothèse.** Les opérateurs de plus de 10 ans d'expérience ont tendance à émettre plus de messages liés à la gestion des processus que les opérateurs de moins de 10 ans d'expérience. Inversement, les opérateurs de plus de 10 ans d'expérience émettent moins de messages liés à la prise de conscience de la situation que les opérateurs moins de 10 ans d'expériences. De manière plus précise, **les circulantes ayant moins de 10 ans d'expérience font plus de communications liées à la prise de conscience de la situation et moins de communications liées à la gestion des processus que les circulantes ayant plus de 10 ans d'expérience. Les chirurgiens de plus de 10 ans d'expérience émettent significativement plus d'ordre que les IADE, les circulantes et les instrumentistes ayant moins de 10 ans d'expérience.**

4.3 DISCUSSION

Nous avons souhaité mesurer, dans cette étude, les comportements liés à la communication dirigée vers un but chez 5 des opérateurs principaux du bloc opératoire : Chirugiens, MAR, IADE, IBODE circulantes et IBODE instrumentistes. Nous avons donc pris en compte leur corps de métier respectif ainsi que leurs années d'expérience.

Dans un premier temps, nous avons analysé les communications d'un point de vue macroscopique en établissant une dichotomie entre les communications basées sur la gestion des processus et les communications liées à la prise de conscience de la situation. Pour rappel, la gestion des processus regroupe les communications liées aux ordres, aux planifications des actions et aux directives concernant ces actions. La prise de conscience de la situation regroupe les communications informatives, interrogatives et confirmatives.

L'analyse en fonction du nombre d'années d'expérience des opérateurs montre que les chirurgiens de plus de 10 ans d'expérience émettent plus de communications appartenant au groupe de la gestion des processus, en revanche les chirurgiens de moins de 10 ans d'expérience émettent plus de communications appartenant au groupe de la prise de conscience de la situation. Ce résultat s'inverse pour le groupe des IBODE circulantes : les circulantes de plus de 10 ans d'expérience émettent plus de communications relevant de la prise de conscience de la situation et les circulantes de moins de 10 ans d'expérience émettent plus de communications relevant de la gestion des processus.

On observe donc une évolution différente selon les corps de métier, ceci pouvant être dû aux attentes fonctionnelles pour chaque spécialisation, c'est-à-dire de l'ensemble des tâches prescrites dans chacun des corps de métiers. Mosser et Begun (2014), décrivent les attentes attachées aux médecins (MAR et chirurgiens) comme étant principalement liées aux prises de décisions et aux directions prises lors de l'opération, ce qui correspond, dans notre étude, aux communications liées à la gestion des processus. Néanmoins, ces prises de décision nécessitent une représentation optimale de la situation, ce qui, chez Dreyfus (1980), est l'apanage des experts. Les chirurgiens de moins de 10 ans d'expérience auraient donc tendance à rechercher les informations nécessaires à la construction de la représentation occurrente de la situation chez leurs collègues, besoin qui diminue avec l'acquisition d'expertise. Cette diminution s'explique par le fait que les experts reconnaissent un panel de situations plus large que les novices (Klein, 1993) et ont donc besoin de moins d'interactions avec leur environnement pour reconnaître la situation occurrente et pour émettre leur décision quant au déroulement de l'opération (ici : ordre et planification).

Lorsque nous avons effectué l'analyse au niveau microscopique (c'est-à-dire au niveau de la typologie des communications selon leur valeur informative, interrogative, confirmative, d'ordre, de planification et de direction des actions), nous retrouvons des résultats cohérents. Les opérateurs de plus de 10 ans

d'expérience formalisent plus de planifications et plus précisément, les chirurgiens formalisent plus d'ordres que les IADE, les circulantes de tous niveaux d'expérience et plus que les instrumentistes de moins de 10 d'expérience.

Nous pouvons ajouter le rôle de la responsabilité civile dans laquelle le médecin est engagé ; cette responsabilité confère au médecin des connaissances sur les composantes des processus directement liés à ces responsabilités (par ex., l'acte chirurgical pour le chirurgien et le plan anesthésique pour le MAR).

Toujours selon l'échelle d'expertise de Dreyfus (1980), les novices utilisent des connaissances « issues des manuels » et les appliquent à la lettre. Or, ces connaissances chez les IBODE circulantes se traduisent, pour Mitchell et al. (2013) dans leurs travaux relatifs à l'établissement d'une échelle des compétences non techniques pour les IBODE (échelle SPLINTS), par la planification et l'organisation des outils et consommables nécessaires à l'opération, la connaissance des préférences du chirurgien opérant et la préparation à (planifier) l'imprévu. Ces activités sont fortement liées aux communications relatives à la gestion des processus. Or, ces connaissances, une fois intégrées, n'ont plus besoin d'être verbalisées. De plus, les attentes fonctionnelles (Mosser & Begun, 2014) chez l'infirmière sont de l'ordre du social et de l'investigation, c'est-à-dire, entre autres, de la recherche et du partage d'informations. Ils ne font cependant pas de différences entre les IADE, les IBODE et les autres catégories d'infirmières. Ces compétences se traduisent par le transfert d'informations entre l'équipe en zone stérile à l'équipe en zone non stérile, à travers sa communication avec l'IBODE instrumentiste, afin de s'assurer que l'équipe possède une représentation occurrente partagée de la situation (Mitchell & al., 2013).

Nous avons ensuite effectué une analyse sur les canaux préférentiels de communication. Nous avons observé que l'instrumentiste choisissait préférentiellement la circulante et le chirurgien, ce qui traduit le passage d'informations entre l'équipe stérile et non stérile. Nous retrouvons ces compétences liées à la transmission dans l'échelle SPLINTS « échange d'informations verbales et non verbales entre l'instrumentiste et le reste de l'équipe ». Sur 4 des 6 opérations que nous avons observées, la distance entre l'IADE et l'instrumentiste ne permettait visiblement pas une communication fonctionnelle, les informations étaient donc relayées par la circulante.

Selon l'analyse de nos observations, les MAR sont sélectionnés par les IADE de plus de 10 ans d'expérience mais ce résultat n'est vrai que pour une opération de cataracte.

Excepté le résultat ci-dessus, les IADE ne sont donc pas choisies par d'autres corps de métier, ni ne choisissent préférentiellement d'autres corps de métier en termes de communication. Si l'échelle des compétences non techniques pour les IADE est encore au stade prototypique, (Rutherford, Flin, Hellaby, & Caldwell, 2015) les auteurs ont analysé les catégories de compétences non techniques suivantes : gestion des processus, travail d'équipe et conscience de la situation. Il n'existe pas d'échelle définitive. Cependant, selon les observations déjà effectuées (à travers 12 vidéos d'entraînement sur simulateur

réel), les compétences comme la recherche et le partage d'informations sont citées par 100% des IADE interrogées par les auteurs lors la construction de cette échelle, ainsi qu'un rôle de support auprès des autres corps de métiers. En effet, dans nos observations, les IADE assistent les IBODE lors de la mise en place du patient dans la phase préopératoire et les assistent à nouveau en phase post-opératoire pour la sortie du patient en salle de réveil.

Pour résumer, nous venons de voir, dans cette étude, les comportements communicatifs des opérateurs du bloc sur leur terrain naturel. Nos résultats ont montré qu'il existe, au moins, un canal préférentiel entre l'instrumentiste et le chirurgien et entre l'instrumentiste et la circulante. Enfin, les opérateurs les plus expérimentés ont tendance à émettre plus de verbalisations liées à la gestion des processus que leurs pairs moins expérimentés et inversement, les opérateurs moins expérimentés ont tendance à émettre plus de verbalisations liées à la prise de conscience de la situation. Cependant, la maîtrise des compétences non techniques prend toute son importance dans la gestion des cas dégradés. Fort heureusement (pour la sécurité et la santé des patients filmés), nous n'avons assisté à aucun Evénement Indésirable Grave (EIG), en particulier ceux dus à l'ambiguïté des informations présentes, ce type d'ambiguïté ayant une influence sur l'élaboration de la conscience de la situation (cf. partie 2.2.1.2). Nous avons donc mis en place dans l'étude suivante, un scénario sur simulation virtuelle permettant de dégager les comportements des opérateurs liés à la conscience de la situation dans de tels cas.

CHAPITRE 5 : ÉTUDE DE LA PRISE DE CONSCIENCE DE LA SITUATION EN SITUATION DEGRADÉE

L'objectif de cette étude est de répondre à la question : comment les opérateurs d'une équipe chirurgicale gèrent-ils leur besoin informationnel et ceux de leurs collègues, à travers l'élaboration de leur représentation et leur capacité à projeter les états futurs de cette situation ?

Dans cette étude, nous avons mesuré la prise de conscience de la situation à travers l'utilisation d'un scénario virtuel informatisé de cas dégradé simulant un patient débutant un choc hémorragique. Nous avons choisi de manipuler l'ambiguïté de la situation à travers la précision des informations fournies, soit complètes, soit partielles. Selon la situation présentée, nous souhaitons observer les comportements de chaque corps de métiers (IADE, IBODE, MAR et chirurgien), en tenant compte de leurs nombre d'années d'expérience. En reprenant les 3 niveaux du modèle d'Endsley (1995), nous souhaitons relever les indices qu'ils utilisent pour construire leur représentation occurrente de la situation et ainsi poser des diagnostics et anticiper l'évolution de la situation. Pour cela, nous avons administré, au fil du scénario, un questionnaire de type Situation Awareness Global Assessment Test comprenant des questions d'observation, de compréhension et de projection sur la suite de la simulation. Nous avons couplé ce questionnaire à des relevés oculométriques afin de donner une mesure objective au traitement des informations nécessaires à la prise de conscience de la situation.

5.1 MÉTHODE

5.1.1 Participants

Nous avons mené cette étude auprès de les 53 participants. Nous avons relevé les tranches d'âge auxquelles ils appartenaient, leur corps de métier, le nombre d'années d'expérience et leur statut au sein du bloc (d'un côté les apprenants comme les internes ou les élèves infirmiers en stage, de l'autre les titulaires). 54,3% de l'échantillon a entre 18 et 30 ans, 28,3% entre 31 et 40 ans, 9,4% entre 41 et 50 ans et 7,5% entre 51 et 60ans.

59,6% ont moins de 5 ans d'expérience, 17,3% ont entre 5 et 10 ans d'expérience et 23,1% ont plus de 10 ans d'expérience. 40,4% sont des IBODE, 25% sont des IADE, 9,6% sont des chirurgiens et 25% sont des MAR. 53,8% ont le statut d'apprenant et 46,2% ont le statut de titulaire.

Les passations ont été effectuées au sein des services de neurochirurgie, cardiologie et orthopédie du Centre Universitaire Hospitalier de Toulouse (sites de Rangueil et Purpan) ainsi que des écoles D'IADE de Toulouse et d'IFSI (Institut de Formation en Soins Infirmiers) d'Albi. Sur ces 53 participants, 9

participants n'ont pas de données oculométriques exploitables, néanmoins nous les avons conservés pour l'analyse des données comportementales.

5.1.2 Matériel

Dans cette partie, nous détaillerons le matériel utilisé dans l'expérience. Au niveau du contenu expérimental, nous avons choisi d'utiliser un test de concordance de script pour évaluer la capacité de raisonnement clinique de chaque participant. Nous les confrontons ensuite à une simulation numérique de cas clinique. Cette simulation contient 2 scénarii, un scénario dit « ambigu » et un second dit « non-ambigu ». Elle contient de plus, un test SAGAT (Situation Awareness Global Assessment Technique) permettant de relever les informations traitées. Chaque participant ne passe qu'une seule condition. La simulation est présentée sur un ordinateur portable relié à un écran de 19 pouces réglé à une résolution de 1280x1024. Enfin, nous mesurons le nombre de fixations sur chaque information présentée à l'aide de l'eyetracker Tobii X120.

Le test de concordance de script (TCS) permet d'évaluer le raisonnement clinique et la prise de décision en situation d'incertitude et de comparer le score des participants à ceux d'un panel d'experts.

Ces TCS utilisent des situations cliniques problématiques choisies en fonction du raisonnement que l'on veut évaluer chez le participant. Ces situations sont suivies par des propositions d'actions ou d'hypothèses possibles. Pour chacune d'elle, une nouvelle information est proposée, les participants doivent alors évaluer sur une échelle de Likert en 5 points, si cette information influence la pertinence de la proposition (de - 2 à + 2 dans notre cas, cf. figures 1 à 3).

Nous avons utilisé trois des 20 vignettes d'un TCS réalisé dans le cadre d'une étude interne qui a eu lieu au CHU de Toulouse en 2014 (Faure, 2014). Ce questionnaire a été soumis à des internes d'anesthésie-réanimation et de chirurgie au CHU de Toulouse qu'ils soient au début (1er semestre) ou à la fin de leur formation (7, 8, 9 et 10ème semestres) et à un panel d'experts du CHU de Toulouse des deux spécialités (anesthésistes-réanimateurs et chirurgiens) dont l'expérience est reconnue dans leur discipline et ayant exercé ou exerçant des responsabilités universitaires, hospitalières ou mixtes⁶ (pour plus de détails, cf. Faure, 2014).

⁶ Les données personnelles type : âges et années d'expériences n'étaient pas présentes dans le rapport de Faure, 2014

5.1.2.1 Le test de script TCS

La répartition du panel d'experts lors de l'étude conduite par Faure (2014) s'est faite comme suit :

Tableau 5.1 : répartition des experts par spécialités

Spécialités/Services	Anesthésistes- Réanimateurs	Chirurgiens
Neurochirurgie	3	1
Chirurgie Digestive	1	2
Pédiatrie	1	0
Gynéco-obstétrique	1	0
Orthopédie	0	1
Chirurgie Maxillo-faciale	1	1
Ophthalmologie	0	1
Chirurgie plastie	0	1
Urologie	1	0
	8	7

Dans l'étude présentée ici, le TCS nous permet d'affiner de façon plus objective les différences de niveaux d'expertise entre les participants en comparant leur score à ceux du panel d'experts de l'étude interne au CHU de Toulouse (Faure, 2014).

La durée de passation des 20 vignettes prenant entre 1h et 1h30 selon les individus, nous avons souhaité limiter la durée de passation. Nous avons alors sélectionné les 3 vignettes dont les scores entre le panel d'experts et d'internes étaient les plus contrastés. Ces résultats ont été obtenus en utilisant le logiciel de calcul des TCS disponible sur le site de la faculté de Montréal. Ce logiciel fut préalablement utilisé dans l'étude de Faure (2014) (<http://www.sctmed.ca>), nous utiliserons donc la même méthode pour pouvoir comparer les résultats obtenus par nos participants à ceux obtenus par les experts de l'étude de Faure (2014).

Les trois vignettes correspondant aux 3 situations présentées sont décrites ci-dessous :

Une patiente a été opérée d'un cancer de l'utérus (hystérectomie par voie haute). L'intervention s'est bien déroulée. Elle va quitter la salle d'opération pour la salle de surveillance post-interventionnelle (SSPI).

Si vous pensez à...	Et que vous découvrez que...	L' hypothèse devient...
Option 1 : Prévenir le risque thromboembolique.	Une nouvelle donnée : L'autre médecin (chirurgien ou anesthésiste) a déjà fait les prescriptions avant de sortir de salle.	<ul style="list-style-type: none"> • -2 Quasi improbable • -1 Moins probable • 0 Ni plus ni moins probable • +1 Plus probable • +2 Quasi certaine
Option 2 : Prescrire une anticoagulation	Une nouvelle donnée : La patiente avait des bas de contention pendant la chirurgie	<ul style="list-style-type: none"> • -2 Quasi improbable • -1 Moins probable • 0 Ni plus ni moins probable • +1 Plus probable • +2 Quasi certaine
Option 3 : Transmettre par écrit les consignes de mobilisation	Une nouvelle donnée : Elle devra rester alitée 48 heures	<ul style="list-style-type: none"> • -2 Quasi improbable • -1 Moins probable • 0 Ni plus ni moins probable • +1 Plus probable • +2 Quasi certaine

Valider

Figure 5.1 : Test de Concordance de Script écran 1

Un homme de 42 ans opéré d'une oesophagectomie distale (2/3 inférieur) par voies thoracique et cervicale (intervention de Lewis-Santy). Au compte des compresses, l'élève IBODE pense qu'il en manque une.

Si vous pensez à...	Et que vous découvrez que...	L' hypothèse devient...
Option 1 : Refaire le compte des compresses	Une nouvelle donnée : L'IBODE titulaire, plus expérimentée, assure qu'il n'en manque pas	<ul style="list-style-type: none"> • -2 Quasi improbable • -1 Moins probable • 0 Ni plus ni moins probable • +1 Plus probable • +2 Quasi certaine
Option 2 : Prendre l'amplificateur de brillance pour vous aider	Une nouvelle donnée : Aucun manipulateur radio n'est disponible avant 15 minutes	<ul style="list-style-type: none"> • -2 Quasi improbable • -1 Moins probable • 0 Ni plus ni moins probable • +1 Plus probable • +2 Quasi certaine
Option 3 : Regarder dans les poubelles	Une nouvelle donnée : Les poubelles ont déjà été fermées et sont dans le sas, prêtes à partir	<ul style="list-style-type: none"> • -2 Quasi improbable • -1 Moins probable • 0 Ni plus ni moins probable • +1 Plus probable • +2 Quasi certaine

Valider

Figure 5.2 : Test de Concordance de Script écran 2

Une patiente va être opérée. Il est 7h30. L'intervention doit être faite en urgence. Elle est allergique au latex.

Si vous pensez à...	Et que vous découvrez que...	L' hypothèse devient...
Option 1 : Opérer la patiente sans précautions particulières	Une nouvelle donnée : Elle a reçu une bonne préparation antiallergique avant le bloc	<ul style="list-style-type: none"> • -2 Quasi improbable • -1 Moins probable • 0 Ni plus ni moins probable • +1 Plus probable • +2 Quasi certaine
Option 2 : Entrer la patiente en salle	Une nouvelle donnée : Le programme opératoire n'a pas commencé, une salle est disponible	<ul style="list-style-type: none"> • -2 Quasi improbable • -1 Moins probable • 0 Ni plus ni moins probable • +1 Plus probable • +2 Quasi certaine
Option 3 : Lors de la fermeture, l'équipe anesthésique signale des signes de choc	Une nouvelle donnée : Un garrot pneumatique a été utilisé pendant l'opération	<ul style="list-style-type: none"> • -2 Quasi improbable • -1 Moins probable • 0 Ni plus ni moins probable • +1 Plus probable • +2 Quasi certaine

Valider

Figure 5.3 : Test de Concordance de Script écran 3

5.1.2.2 Le scénario

La simulation utilisée ici dépeint une situation de choc hémorragique, les participants ont accès à une scène d'opération présentée sur ordinateur, avec 4 protagonistes représentant les corps de métiers des participants un chirurgien, un anesthésiste, deux IBODE, une instrumentiste et une circulante (cf. figure 5.4).



Figure 5.4 : Scène du bloc opératoire ©SGRN

Ils avaient également accès au dossier patient ainsi qu'à ses données vitales (cf. figures 5.5 et 5.6)

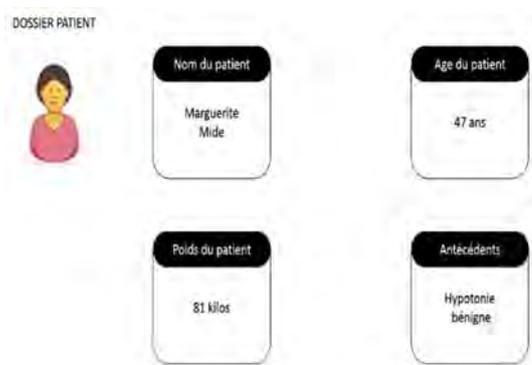


Figure 5.5 : Représentation simplifiée du dossier patient

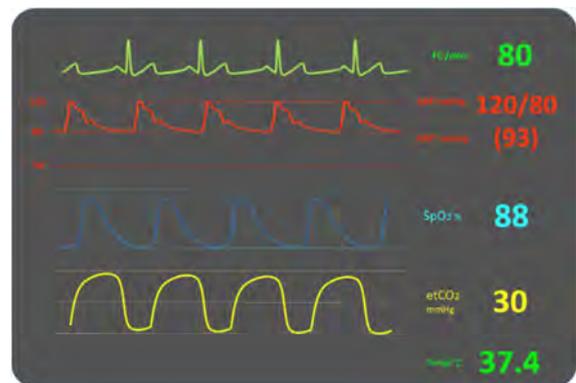


Figure 5.6 : Représentation simplifiée du scope (surveillance des données vitales du patient)

Les données du scénario sont réparties dans les catégories suivantes (cf. tableau 5.2) (les données complètes sont fournies en annexe 3) :

Tableau 5.2 Tableau de répartition des types de données

données physiologiques	ressources utilisées	actions des personnages
pression artérielle	quantité d'eau stérile utilisée	action de l'IBODE circulante
fréquence cardiaque	paquets de 10 compresses	action de l'IBODE instrumentiste
oxymétrie de pouls		action du chirurgien
CO2 expiré		action de l'anesthésiste
température		
coloration cutanée		
perte sanguine		

Il existe un jeu de données pour la condition « normale » et un pour la condition « ambiguë ».

Chacun des scénarios est divisé en 5 étapes. La première étape consiste en un tutoriel pour apprendre le fonctionnement de l'interface et se familiariser avec les protagonistes. Les 4 étapes suivantes représentent l'évolution de la situation au cours du temps (t1, t2, t3, t4). Les données physiologiques et les ressources utilisées évoluent d'une étape à l'autre, les actions des personnages peuvent varier au sein d'une même étape.

La répartition des actions des personnages assure un rapport quasiment semblable entre les informations de chaque rôle pour les deux conditions (cf. tableau 5.3).

Tableau 5.3 Tableau de répartition des actions des protagonistes selon leur rôle et la condition de passation

	Condition « normale »	Condition « ambiguë »
IBODE⁷	14	17
Chirurgien	12	15
Anesthésiste	15	18

⁷ Le compte des informations concernant les IBODE circulantes et instrumentistes ont été fusionnés car les participants exercent les 2 rôles selon les opérations auxquelles elles participent.

5.1.2.3 Le SAGAT (*Situation Awareness Global Assessment Technique*)

Nous avons utilisé le SAGAT dans le but de relever les éléments les plus pertinents d'après chaque participant. Le SAGAT est un test mesurant la prise de conscience de la situation selon le modèle d'Endsley (Endsley, 1995 ; Endsley & Garland, 2000), il est divisé en trois catégories de questions correspondant aux trois niveaux du modèle :

- Des questions **d'observation** : ces questions permettent de relever ce que le participant a retenu de la situation (exemple : « Quelle est la pression artérielle ? »)
- Des questions de **compréhension** : ces questions permettent de relever le schéma mental produit par le participant au temps « t » de la situation (exemple : « Comment le chirurgien peut-il apprécier le retentissement du saignement ? »)
- Des questions de **projection** : ces questions permettent de relever le schéma mental produit par l'anticipation du participant au temps « t+1 » de la situation (exemple : « Comment la situation peut-elle évoluer ? »)

A la fin des étapes 1, 2 et 3, une partie du questionnaire était posée aux participants. La question présentée à la fin de l'étape 4 permet d'établir si le participant a oui ou non réalisé le bon diagnostic.

Les questions étaient les suivantes :

Etape 1 :

- Observation : « Quelles sont les pertes sanguines ? »
- Observation : « Quelle est la pression artérielle ? »
- Projection : « Comment la situation peut-elle évoluer ? »

Etape 2 :

- Observation : « Quel est le nombre de compresses apportées par la circulante ? »
- Compréhension : « Comment le chirurgien peut-il apprécier le retentissement du saignement ? »
- Projection : « Comment la situation peut-elle évoluer ? »

Etape 3 :

- Observation : « Quel est le niveau des pertes sanguines ? »
- Projection : « Comment la situation peut-elle évoluer ? »
- Compréhension : « Comment l'anesthésiste peut-il apprécier le retentissement du saignement ? »

Etape 4 :

- Diagnostic : « Quel était l'état de choc suggéré dans cette simulation ? »

5.1.2.4 Les mesures d'oculométrie et l'organisation technique :

Afin d'avoir une mesure plus objective des éléments perçus et traités par les participants, nous avons souhaité coupler les données relevées par le SAGAT à des données oculométriques. Nous avons utilisé l'eye tracker Tobii X120 relié à un écran 19 pouces dont la résolution était fixée à 1280x1024 à une fréquence de 60Hz et à un ordinateur comprenant un CPU Intel i5 3317U à une fréquence de 1.70GHz, 4Go de RAM @ 1333MHz, sans GPU discret et tournant sous Windows 7. Nous avons utilisé le logiciel Tobii Studio 2.8.4 pour présenter chaque écran de la simulation. La simulation en elle-même fut réalisée en Visual Basic Advance (VBA) sous PowerPoint 2013, une commande VBA indiquant le changement d'écran à Tobii studio.

Nous avons défini une aire d'intérêt (AOI) particulière pour chaque information présente dans la simulation. Pour chaque AOI, nous avons enregistré les nombres de fixations de l'AOI, la durée moyenne des fixations et le dwell-time (temps total passé sur l'AOI).

5.1.3 Variables

Nous avons manipulé les variables indépendantes suivantes :

- Corps de métier (3 modalités) en inter-sujets
 - o Chirurgie
 - o Anesthésie
 - o Infirmierie
- Années d'expérience (3 modalités) en inter-sujets⁸
 - o Moins de 5 ans d'expérience
 - o De 5 à 10 ans d'expérience
 - o Plus de 10 ans d'expérience
- Ambiguïté de la situation (2 modalités) en inter-sujets
 - o Ambiguë
 - o Non-ambiguë

Les variables dépendantes étaient les suivantes :

- Données oculométriques
 - o Nombre de fixations de l'AOI

⁸ Dans cette étude, nous avons souhaité inclure un niveau intermédiaire de nombre d'années d'expérience entre les moins de 10 ans et les plus de 10 ans, ce niveau intermédiaire devant correspondre à un niveau compétent, autonome mais non expert.

- Durée moyenne des fixations (en ms)
- Dwell-time, le temps total passé sur l'AOI (en ms)
- Nombres d'items relevés dans les réponses du SAGAT
 - Score aux questions d'items à mémoriser (observation), chaque bonne réponse rapportant un point soit :
 - Quantité des pertes sanguines à l'étape 1
 - Niveau de pression artérielle à l'étape 1
 - Nombre de compresses en salle à l'étape 2
 - Quantité des pertes sanguines à l'étape 3(Cf. tableau des données du scénario en annexe 3)
 - Pourcentage du nombre d'items utilisés dans la construction du schéma mental (compréhension). Nous avons sélectionné 5 catégories reflétant le contenu du scénario, soit :
 - Pourcentage du nombre d'items correspondant au rôle d'IBODE
 - Pourcentage du nombre d'items correspondant au rôle de chirurgien
 - Pourcentage du nombre d'items correspondant au rôle d'anesthésiste
 - Pourcentage du nombre d'items correspondant aux données physiologiques du patient (c'est-à-dire les données du scope, le pouls du patient, sa coloration cutanée et le niveau des pertes sanguines)
 - Pourcentage du nombre d'items correspondant aux données logistiques de la salle (nombre d'items présents dans la salle, matériel, disponibilité du personnel hors salle)
 - Nombre d'items utilisés dans la construction du schéma mental projeté, soit le nombre des diagnostics évoqués dans les questions de projection
- Validité du diagnostic final : nous avons calculé un score de bonne réponse, soit 1 pour une bonne réponse (choc hémorragique), 0 pour une autre réponse.

5.1.4 Hypothèses

L'objectif de cette étude est d'obtenir une mesure du niveau de conscience de la situation pour chacun des rôles dans une situation complexe et ambiguë.

H1 : Le traitement des informations perçues dans la simulation est influencé par le nombre d'années d'expérience :

- H1a : les participants ayant plus de 10 ans d'expérience auront des scores plus élevés aux questions d'observations que les autres participants :
- H1b : les scores seront plus élevés pour les participants ayant suivi le scénario en condition normale.
- H1c : Les participants ayant + de 10 ans d'expérience font moins d'erreur dans les questions d'observation en situation ambiguë.

H2 : Le nombre de diagnostics envisagés au cours de la simulation varie selon le nombre d'années d'expérience, l'ambiguïté de la situation et le type de corps de métier :

- H2a : Les participants ayant + de 10 ans d'expérience émettent moins d'hypothèses diagnostiques.
- H2b : Les chirurgiens et le MAR émettent moins d'hypothèses diagnostiques.
- H2c : les participants ayant suivi le scénario ambigu émettent plus d'hypothèses diagnostiques.
- H2d : L'effet de l'expérience augmente en situation ambiguë.

H3 : Le choix des indices permettant la compréhension de la situation est influencé par le nombre d'années d'expérience, l'ambiguïté de la situation et le type de corps de métier :

- H3a : Chaque corps de métier favorise les actions entreprises par le personnage incarnant son rôle.
(Ex : Une IBODE favorisera les actions de l'IBODE)
- H3b : Les IADE se réfèrent plus aux données physiologiques que les autres corps de métier
- H3c : Les IBODE se réfèrent plus aux données logistiques que les autres corps de métiers
- H3d : Le nombre d'année d'expérience permet de favoriser d'autres corps de métier
- H3e : L'effet de l'expérience augmente en situation ambiguë.

H4 : Les fixations oculaires sur les différentes données de la simulation sont influencées par le nombre d'années d'expérience, l'ambiguïté de la situation et le type de corps de métier :

- H4a : Chaque corps de métier favorise les actions entreprises par le personnage incarnant son rôle
(Ex : Une IBODE favorisera les actions de l'IBODE).
- H4b : Les IADE fixent plus les données physiologiques que les autres corps de métier.
- H4c : Les IBODE fixent plus les données logistiques que les autres corps de métiers.
- H4d : L'effet de l'expérience augmente en situation ambiguë.

5.2 RÉSULTATS

Pour rappel, dans cette étude, nous avons cherché à mesurer :

- La performance du diagnostic de la situation clinique représentée dans ce scénario (mesuré par la réponse à la question finale),
- Le score obtenu aux questions d'observation du SAGAT,
- Le nombre d'hypothèses de diagnostic formulées en cours de passation (mesurées par les réponses aux questions de projection du SAGAT),
- Les références à chacun des membres de l'équipe, des données de la salle du bloc opératoire et des données physiologiques du patient lors des explications dans les réponses aux questions de compréhension du SAGAT.

Pour cela nous avons effectué des ANOVA imbriquées pour mesurer les effets du corps de métier des participants, de leurs années d'expérience et du niveau d'ambiguïté de la situation.

5.2.1 Corrélation entre les scores obtenus au Test de Concordance de Script et les années d'expérience

Pour calculer la corrélation entre les scores obtenus au TCS et le nombre d'années d'expérience, nous avons utilisé la méthode suivante. Premièrement, nous avons recodé, le nombre d'années d'expérience des participants sur une échelle en trois points, les « moins de 5 ans d'expérience » sont recodé en 1, les « 5 à 10 ans d'expérience » en 2 et les « plus de 10 ans d'expérience » en 3. En second, nous avons établi les pourcentages de rapprochement entre les scores obtenus par le panel d'experts dans l'étude de Faure (2014) et les scores obtenus par nos participants (cf. tableau 5.4 et annexe 4 pour le tableau des scores).

Tableau 5.4: Synthèse des résultats du TCS

	panel	participants		
Nombre de répondants	10	53		
moyenne	3,4	62,0	IC	47,6 à 76,5
ET	0,6	14,5	2 Erreur	23,43
			Type	
médiane	3,7	62,2		
Min	2,5	26,0		
max	4,0	90,7		
Fiabilité	0,32			

Nous avons ensuite effectué une analyse de régression multiple entre les codages des années d'expérience et le pourcentage obtenus au TCS. L'analyse ne montre pas de corrélation significative entre les scores obtenus au Test de Concordance de Script et le nombre d'années d'expérience des participants, $R = ,079$, $ET = 0,84$ (Cf. figure 5.7)

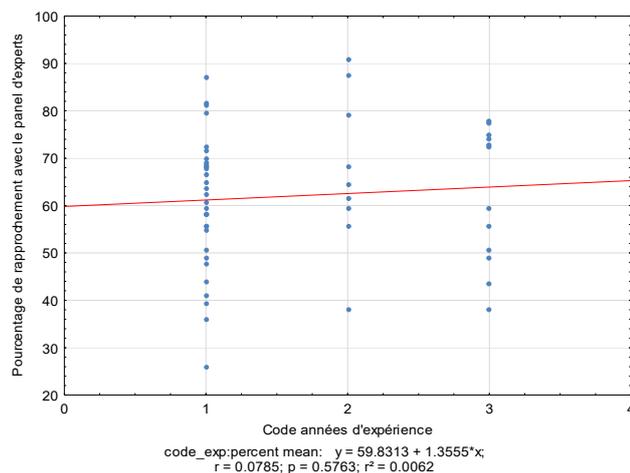


Figure 5.7 : Corrélation entre les résultats du TCS et le nombre d'année d'expérience

Pour rappel, à l'origine ce test contient soixante questions et sa passation nécessite environ 1h30. Nous avons donc raccourci au maximum ce test en gardant les questions les plus discriminantes selon l'étude de Faure (2014), mais les résultats obtenus montrent qu'il n'y a pas de correspondance entre score au TCS et nombre d'années d'expérience, le nombre de questions choisies ne permet certainement pas une évaluation suffisante des comportements de nos participants, nous avons donc gardé la mesure du nombre d'années d'expérience comme facteur principal dans nos analyses.

5.2.2 La performance dans le diagnostic de la situation clinique

Bien que ne faisant pas partie de nos hypothèses, nous souhaitons vérifier qu'il n'y ait pas de différence significative dans le diagnostic émis en fin de scénario tant au niveau de la condition d'ambiguïté, que du type de corps de métiers, que du nombre d'années d'expérience.

Pour rappel, chaque bonne réponse est notée 1 point, les autres 0.

Les résultats de l'ANOVA ne montrent pas d'effet significatif de la condition de l'ambiguïté sur la performance des participants, $F(1,51) = 0,0032$; $p = 0,95$: les participants ne sont pas significativement plus performants en condition normale ($M = 0,92$; $ET = 0,08$) qu'en condition ambiguë ($M = 0,84$; $ET = 0,08$)

On n’observe pas d’effet significatif du corps de métier $F(3,49)=0,24$; $p=0,13$: il n’y a pas de différence significative entre les IADE ($M=0,96$; $ET=0,14$), les IBODE ($M=0,82$; $ET=0,09$), les chirurgiens ($M=0,83$; $ET=0,18$) et les MAR ($M=1$; $ET=0,14$) (cf. Figure 5.8)

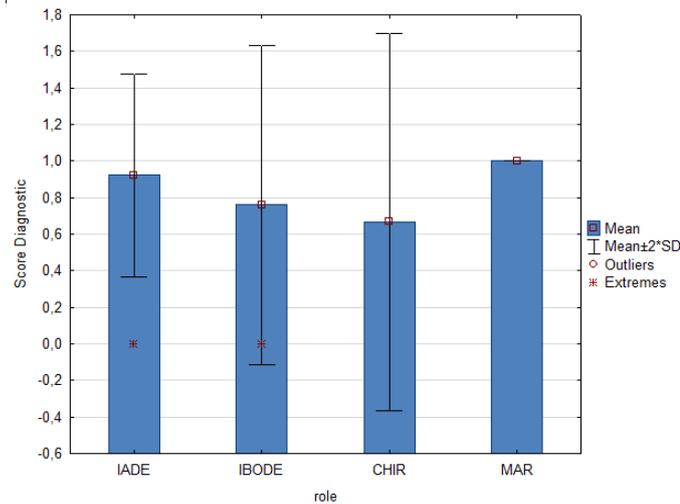


Figure 5.8 : Score de diagnostic selon le facteur corps de métier

Nous n’observons pas non plus d’effet significatif de l’expérience, $F(2,50)=1,59$; $p=0,21$. Il n’y a pas de différence significative entre les participants ayant moins de 5 ans d’expérience ($M=0,75$; $ET=0,07$), ceux ayant entre 5 et 10 ans d’expérience ($M=1$; $ET=0,14$) et ceux ayant plus de 10 ans d’expérience ($M=0,96$; $ET=0,14$). (cf. Figure 5.9)

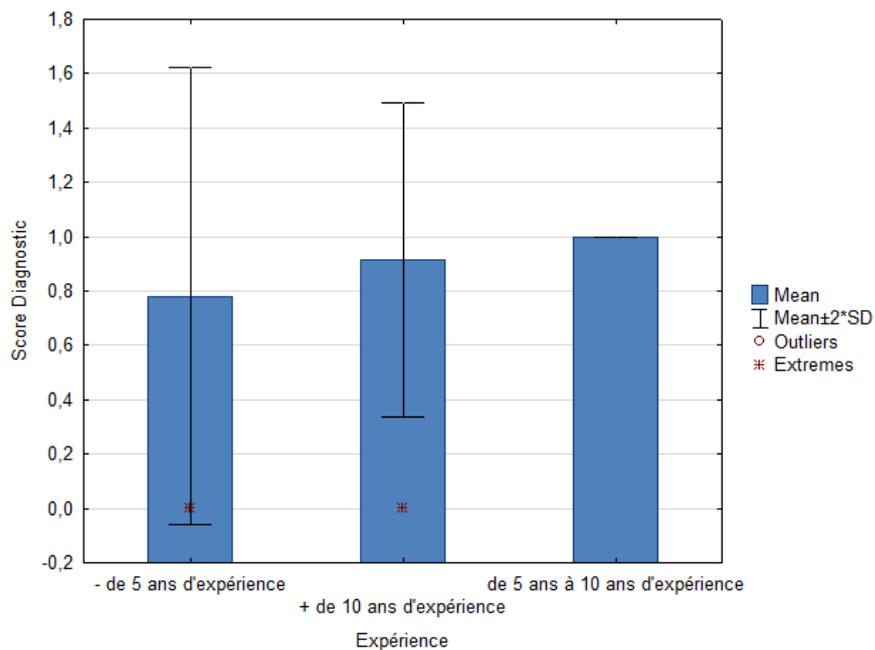


Figure 5.9 : Score de diagnostic selon le facteur années d'expérience

Enfin nous n'observons pas d'effet significatif d'interaction entre le nombre d'années d'expérience et le niveau d'ambiguïté de la situation, $F(2, 47)=,25$, $p=0,78$. Les participants ayant moins de 5 ans d'expérience en condition normale ($M=0,8$; $ET=0,09$) et en condition ambiguë ($M=0,76$; $ET=0,09$) n'ont pas significativement de moins bonnes performances que ceux ayant entre 5 et 10 ans d'expérience en condition normale ($M=1$; $ET=0,16$) et en condition ambiguë ($M=1$; $ET=0,18$) ni moins bonnes que ceux ayant plus de 10 ans d'expérience en condition normale ($M=0,86$; $ET=0,14$) et en condition ambiguë ($M=1$; $ET=0,16$) (Cf. figure 5.10).

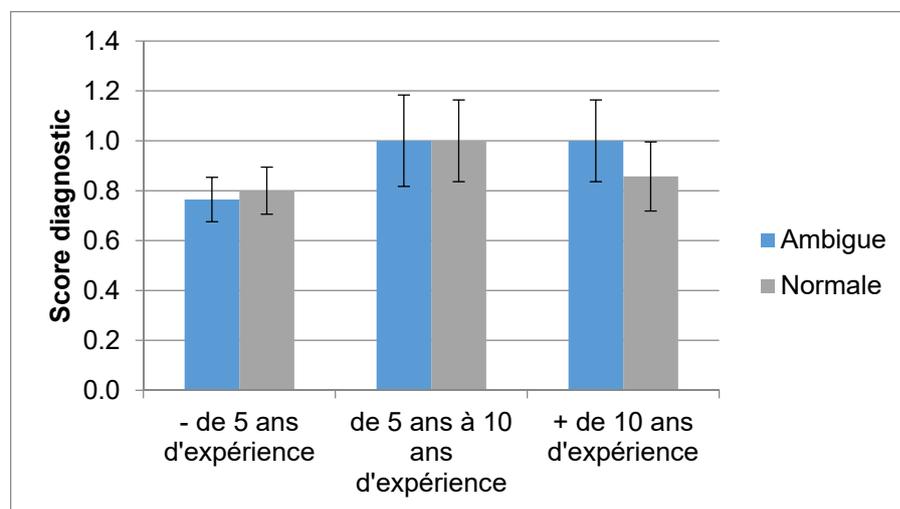


Figure 5.10 : Score de diagnostic selon les facteurs ambiguïté et années d'expérience

5.2.3 Le score obtenu aux questions d'observation du SAGAT

Pour rappel, chaque bonne réponse aux questions d'observation rapporte 1 point, le score maximal est de 4.

Les résultats de l'ANOVA montrent un effet significatif de la condition d'ambiguïté sur la performance des participants, $F(1, 47)=5,41$, $p=0,024$, ; $\eta_p^2= 0,103$, les participants sont plus performants en condition normale ($M=3,30$; $ET=0,21$) qu'en condition ambiguë ($M=2,57$; $ET=0,23$).

Nous n'observons pas d'effet significatif du corps de métier $F(3, 41)=1,75$, $p=0,17$, il n'y a pas de différence significative entre les IADE ($M=3,29$; $ET=0,42$), les IBODE ($M=2,62$; $ET=0,25$), les chirurgiens ($M=3,67$; $ET=0,53$) et les MAR ($M=3,41$; $ET=0,43$) (cf. figure 5.11).

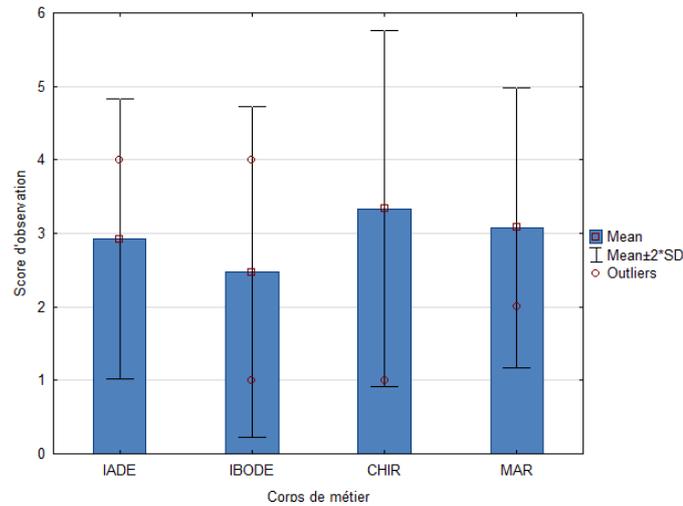


Figure 5.11 : Score aux questions d'observation selon le facteur corps de métier

Nous n’observons pas d’effet significatif de l’expérience, $F(2, 41)=2,69$, $p=,08$. Il n’y a pas de différences significatives entre les participants ayant moins de 5 ans d’expérience ($M=2,70$; $ET=0,20$), ceux ayant entre 5 et 10 ans d’expérience ($M=3,65$; $ET=0,43$) et ceux ayant plus de 10 ans d’expérience ($M=3,40$; $ET=0,41$) (cf. figure 5.12) quant aux scores obtenus sur les questions d’observation.

Nous observons un effet d’interaction significatif entre le nombre d’années d’expérience et le niveau d’ambiguïté de la situation, $F(2, 47)=3,58$, $p=0,04$; $\eta_p^2= 0.132$ (cf. figure 5.13) quant aux scores obtenus sur les questions d’observation.

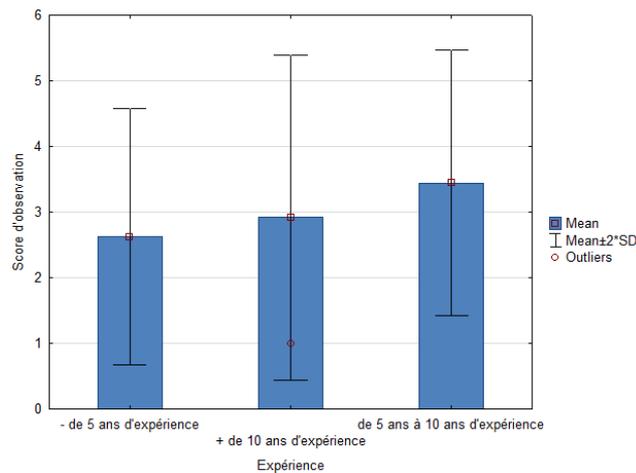


Figure 5.12 : Score aux questions d'observation selon le facteur années d'expérience

Une analyse en comparaison planifiée montre que les participants ayant plus de 10 ans d'expérience en condition ambiguë ($M=2,00$; $ET=0,44$) ont des scores d'observation significativement moins élevés que ceux ayant plus de 10 ans d'expérience en condition normale ($M=3,57$; $ET=0,37$), $F(1, 47)=7,39$, $p<0,01$ (Cf. figure 5.13).

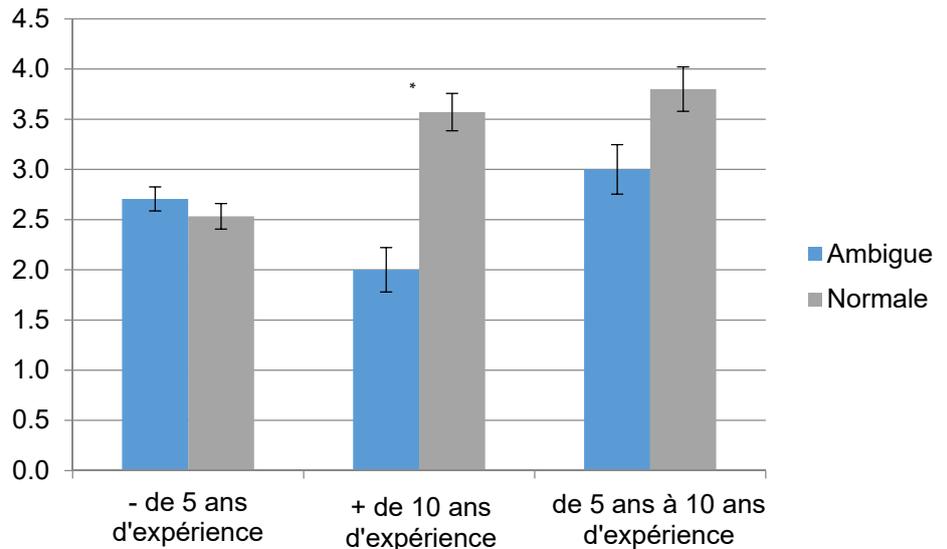


Figure 5.13 : Score aux questions d'observation selon le facteur ambiguïté et années d'expérience

* : différence significative

5.2.4 Le nombre d'hypothèses de diagnostic formulées

Les résultats de l'ANOVA ne montrent pas d'effet significatif de la condition sur le nombre d'hypothèses émis par les participants, $F(1, 47)=,63$, $p=0,43$: les participants ne font pas plus d'hypothèses en condition normale ($M=3,14$; $ET=0,35$) qu'en condition ambiguë ($M=2,72$; $ET=0,39$)

Nous n'observons pas d'effet significatif du corps de métier $F(3, 41)=1,61$, $p=0,20$: il n'y a pas de différence significative entre les IADE ($M=3,79$; $ET=0,73$), les IBODE ($M=2,41$; $ET=0,44$), les chirurgiens ($M=4,25$; $ET=0,93$) et les MAR ($M=3,19$; $ET=0,75$) (cf. figure 5.14).

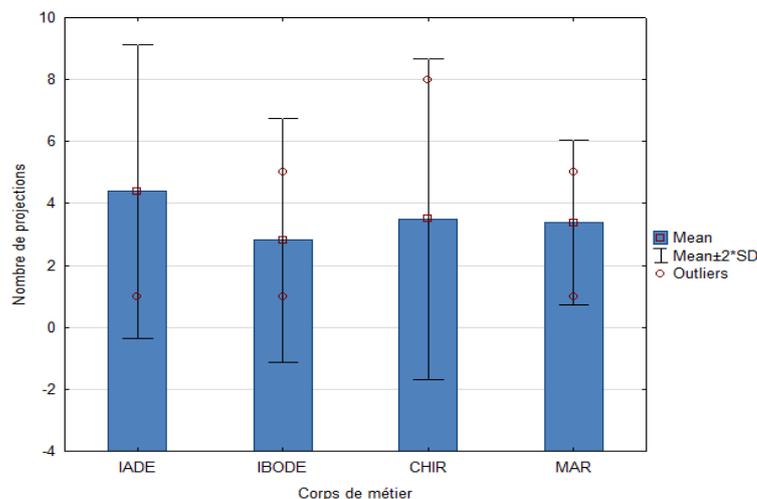


Figure 5.14 : Nombre de projections envisagés selon le facteur corps de métier

Nous observons un effet significatif de l'expérience, $F(2, 47)=4,28$, $p=,020$; $\eta_p^2= 0,154$, **les participants ayant moins de 5 ans d'expérience (M=3,83 ; ET=0,29) font significativement plus de projections que ceux ayant entre 5 et 10 ans d'expérience (M=2,18 ; ET=0,56) ainsi que ceux ayant plus de 10 ans d'expérience (M=2,77 ; ET=0,49)** (cf. figure 5.15).

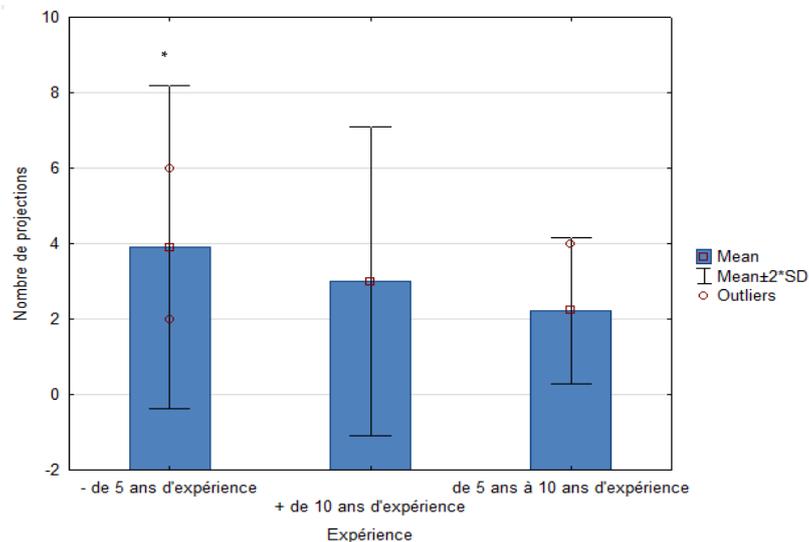


Figure 5.15 : Nombre de projections envisagés selon le facteur années d'expérience

* : différence significative

Enfin nous observons un effet d'interaction significatif entre le nombre d'années d'expérience et la condition d'ambiguïté de la situation, $F(2, 47)=11,11$, $p=0,001$; $\eta_p^2= 0,132$. Une analyse en comparaison planifiée montre que **les participants ayant moins de 5 ans d'expérience en condition ambiguë (M=5,00 ; ET=0,40) font significativement plus de projections que ceux ayant plus de 10 ans d'expérience en condition ambiguë (M=1,40 ; ET=0,74), $F(1, 47)=19,99$, $p<0,001$, ainsi que ceux ayant entre 5 et 10 ans d'expérience en condition ambiguë (M=1,75 ; ET=0,83) $F(1, 47)=6,40$, $p=0,01$** (Cf. figure 5.16).

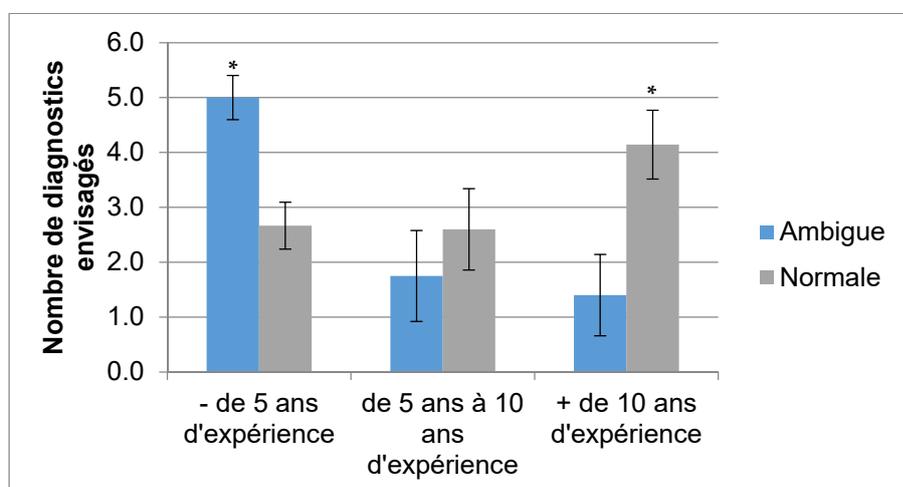


Figure 5.16 : Nombre de projections envisagés selon les facteurs ambiguïté et années d'expérience

* : différence significative

5.2.5 Pourcentage d'éléments cités dans les questions de type « compréhension » du SAGAT

Les scores obtenus dans ces questions ont été traduits en pourcentages. Chaque pourcentage correspond au nombre de fois où le participant a fait référence dans ses réponses à une catégorie donnée (actions de l'IADE, actions de l'IBODE, actions du Chirurgien, actions du MAR, données physiologiques, données logistiques).

Nous avons réalisé une ANOVA imbriquée à modèle mixte selon le plan suivant (cf. tableau 5.5) :
Corps de métier*Expérience*(Condition d'ambiguïté)

Tableau 5.5 : Répartition des variables pour l'ANOVA imbriquée

Corps de métier(IBODE)	Expérience (-5ans)	Expérience (5 à 10 ans)	Expérience (Plus de10 ans)
Condition ambiguë	VD1 (action de l'IBODE)	VD1 (action de l'IBODE)	VD1 (action de l'IBODE)
Condition normale	VD1 (action de l'IBODE)	VD1 (action de l'IBODE)	VD1 (action de l'IBODE)
Corps de métier(IADE)	Expérience (-5ans)	Expérience (5 à 10 ans)	Expérience (Plus de10 ans)
Condition ambiguë	VD1 (action de l'IBODE)	VD1 (action de l'IBODE)	VD1 (action de l'IBODE)
Condition normale	VD1 (action de l'IBODE)	VD1 (action de l'IBODE)	VD1 (action de l'IBODE)
Corps de métier(MAR)	Expérience (-5ans)	Expérience (5 à 10 ans)	Expérience (Plus de10 ans)
Condition ambiguë	VD1 (action de l'IBODE)	VD1 (action de l'IBODE)	VD1 (action de l'IBODE)
Condition normale	VD1 (action de l'IBODE)	VD1 (action de l'IBODE)	VD1 (action de l'IBODE)
Corps de métier(Chirurgien)	Expérience (-5ans)	Expérience (5 à 10 ans)	Expérience (Plus de10 ans)
Condition ambiguë	VD1 (action de l'IBODE)	VD1 (action de l'IBODE)	VD1 (action de l'IBODE)
Condition normale	VD1 (action de l'IBODE)	VD1 (action de l'IBODE)	VD1 (action de l'IBODE)

5.2.5.1 Mesure de la variable « actions des IBODE »

Pour rappel, la variable « actions des IBODE » fait référence à toutes les actions entreprises par les deux IBODE présentes dans la simulation.

Nous n’observons pas d’effet significatif du corps de métier sur la variable « actions de l’IBODE », $F(3, 44)=0,74, p=0,53$. L’analyse en comparaisons planifiées confirme que les IBODE ($M=8,47 ; ET=2,60$) ne font pas plus référence aux actions propres à leur corps de métiers que les IADE ($M=3,78 ; ET=1,54$), $F(1, 44)=1,46, p=0,23$, les chirurgiens ($M=3,13 ; ET=2,13$) $F(1, 44)=0,54, p=0,47$, ou les MAR ($M=3,10 ; ET=1,73$) $F(1, 44)=1,60, p=0,21$ (cf. figure 5.17).

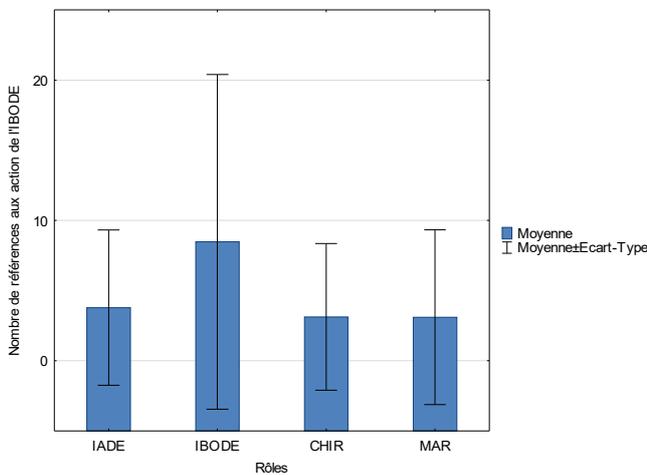


Figure 5.17 : Nombre de références aux actions de l'IBODE en fonction des rôles

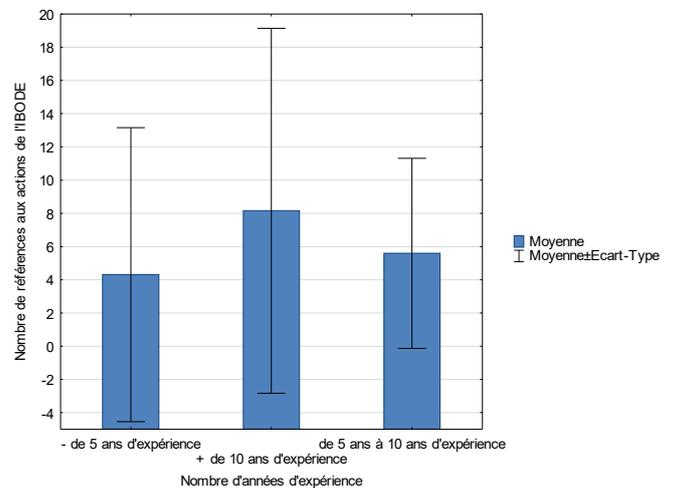


Figure 5.18 : Nombre de références aux actions de l'IBODE en fonction de l'expérience des participants

Nous n’observons pas d’effet significatif du nombre d’années d’expérience sur la variable « actions de l’IBODE », $F(2, 44)=0,60, p=0,59$. L’analyse en comparaisons planifiées confirme que les participants ayant plus de 10 ans d’expérience ($M=8,15 ; ET=3,17$) ne font pas plus références aux actions des IBODE que les participants ayant entre 5 et 10 ans d’expérience ($M=5,59 ; ET=1,91$), $F(1, 44)=0,77, p=0,39$, ou que les participants ayant moins de 5 ans d’expérience ($M=4,31 ; ET=1,56$), $F(1, 44)=0,71, p=0,20$. De même les participants ayant entre 5 et 10 ans d’expérience ne font pas plus référence aux actions des IBODE que les participants ayant moins de 5 ans d’expérience, $F(1, 44)=0,02, p=0,88$ (cf. figure 5.18).

Enfin nous n'observons pas d'effet significatif d'interaction entre la condition d'ambiguïté et l'expérience $F(3, 44)=1,53, p=0,22$. Un test post-hoc LSD de Fisher met néanmoins à jour des différences significatives, en effet, **les participants ayant plus de 10 ans d'expérience dans la condition ambiguë** ($M=14,69$; $ET=6,49$) **font significativement plus référence aux actions de l'IBODE que les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience de la condition ambiguë** ($M=1,92$; $ET=1,92$) ($p= 0,04$) **et que les participants ayant moins de 5 ans d'expérience de la condition ambiguë** ($M=4,14$; $ET=1,66$) ($p=0,02$). Or nous ne retrouvons pas cette différence dans la condition normale, les participants ayant plus de 10 ans d'expérience dans la condition normale ($M=3,49$; $ET=1,66$) ne font pas significativement plus référence aux actions de l'IBODE que les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience de la condition normale ($M=8,53$; $ET=2,46$) ($p= 0,33$) et les participants ayant moins de 5 ans d'expérience de la condition normale ($M=4,51$; $ET=2,83$) ($p=0,80$).

5.2.5.2 Mesure de la variable « actions de l'IADE »

Pour rappel, la variable « actions de l'IADE » fait référence à toutes les actions entreprises par l'IADE présent dans la simulation.

Nous n'observons pas d'effet significatif du corps de métier sur la variable « actions de l'IADE », $F(3, 44)=2,39, p=0,08$. Cependant, l'analyse en comparaisons planifiées montre que **les IADE** ($M=28,50$; $ET=6,35$) **font significativement plus référence aux actions propres à leur corps de métiers que les IBODE** ($M=13,87$; $ET=2,59$) $F(1, 44)=6,69, p=0,01$, cette différence n'est plus significative par rapport aux MAR ($M=19,85$; $ET=5,17$) $F(1, 44)=1,70, p=0,20$, cette différence n'est plus significative par rapport aux chirurgiens ($M=15,30$; $ET=3,34$) $F(1, 44)=2,98, p=0,09$ (cf. figure 5.19).

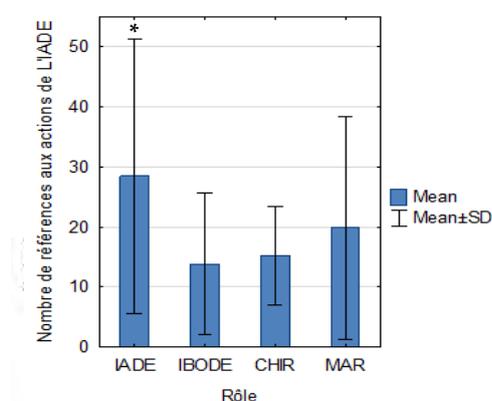


Figure 5.19 : Nombre de références aux actions de l'IADE en fonction de l'expérience des participants

* : différence significative

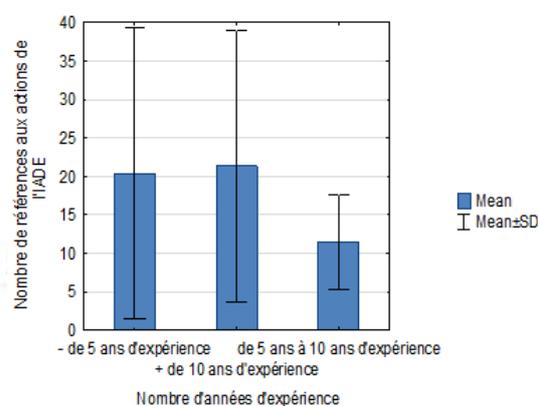


Figure 5.20 : Nombre de références aux actions de l'IADE en fonction des rôles

Nous n'observons pas d'effet du nombre d'années d'expérience sur la variable « actions de l'IADE », $F(2, 44)=0,50$, $p=0,64$. L'analyse en comparaisons planifiées montre que les participants ayant plus de 10 ans d'expérience ($M=21,32$; $ET=5,11$) ne font pas plus référence aux actions des IADE que les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience ($M=11,49$; $ET=2,04$), $F(1, 44)=1,07$, $p=0,31$, ni par rapport aux participants ayant moins de 5 ans d'expérience ($M=20,39$; $ET=3,34$), $F(1, 44)=0,002$, $p=0,96$. Les participants ayant moins de 5 ans d'expérience ne font pas plus référence aux actions des IADE que les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience, $F(1, 44)=1,41$, $p=0,24$ (cf. figure 5.20).

Enfin nous n'observons pas d'effet significatif de la condition d'ambiguïté et de l'expérience $F(3, 44)=1,62$, $p=0,20$. Ici, le test post-hoc LSD de Fisher ne met pas à jour de différence significative. Les participants ayant plus de 10 ans d'expérience dans la condition ambiguë ($M=15,35$; $ET=4,34$) ne font pas significativement plus référence aux actions de l'IADE que les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience de la condition ambiguë ($M=8,98$; $ET=3,62$) ($p=0,43$) et les participants ayant moins de 5 ans d'expérience de la condition ambiguë ($M=16,21$; $ET=4,51$) ($p=0,92$). De même, nous ne retrouvons pas cette différence dans la condition normale, les participants ayant plus de 10 ans d'expérience dans la condition normale ($M=25,59$; $ET=8,10$) ne font pas significativement plus référence aux actions de l'IADE que les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience de la condition normale ($M=13,49$; $ET=2,21$) ($p=0,21$) et les participants ayant moins de 5 ans d'expérience de la condition normale ($M=25,12$; $ET=4,83$) ($p=0,95$).

5.2.5.3 *Mesure de la variable « action du chirurgien »*

Pour rappel, la variable « actions du chirurgien » fait référence à toutes les actions entreprises par le chirurgien présent dans la simulation.

Nous n'observons pas d'effet significatif du corps de métier sur la variable « actions du chirurgien », $F(3, 44)=1,70$, $p=0,18$. **Cependant, l'analyse en comparaisons planifiées montre que les chirurgiens ($M=19,14$; $ET=2,41$) font significativement plus référence aux actions propres à leur corps de métiers que les IADE ($M=8,41$; $ET=2,39$), $F(1, 44)=4,27$, $p=0,04$. Cette différence n'est plus significative par rapport aux MAR ($M=14,64$; $ET=3,47$) $F(1, 44)=0,71$, $p=0,40$, ou aux IBODE ($M=14,23$; $ET=2,97$) $F(1, 44)=0,85$, $p=0,36$ (cf. figure 5.21).**

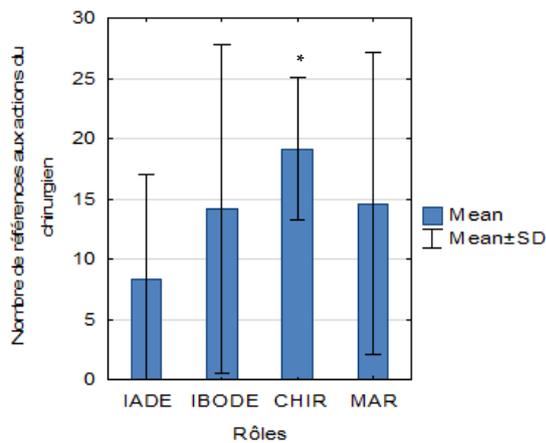


Figure 5.21 : Nombre de références aux actions du chirurgien en fonction des rôles
* : différence significative

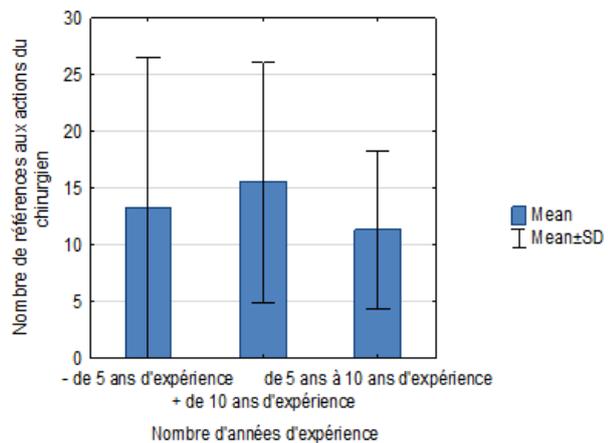


Figure 5.22 : Nombre de références aux actions du chirurgien en fonction de l'expérience des participants

Nous n'observons pas d'effet du nombre d'années d'expérience sur la variable « actions du chirurgien », $F(2,44)=0,43$, $p=0,67$. L'analyse en comparaisons planifiées montre que les participants ayant plus de 10 ans d'expérience ($M=15,53$; $ET=3,07$) ne font pas plus référence aux actions des chirurgiens que les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience ($M=11,32$; $ET=2,33$), $F(1, 44)=1,22$, $p=0,28$, ou que les participants ayant moins de 5 ans d'expérience ($M=13,28$; $ET=2,35$), $F(1, 44)=0,30$, $p=0,59$. Les participants ayant moins de 5 ans d'expérience ne font pas plus références aux actions des chirurgiens que les participants ayant entre 5 et 10 d'expérience, $F(1, 44)=0,66$, $p=0,42$.

Enfin nous n'observons pas d'effet d'interaction entre la condition d'ambiguïté et l'expérience, $F(3, 44)=1,48$, $p=0,23$. Ici, le test post-hoc LSD de Fisher ne met pas à jour de différence significative, les participants ayant plus de 10 ans d'expérience dans la condition ambiguë ($M=10,74$; $ET=2,97$) ne font pas significativement plus référence aux actions du chirurgien que les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience de la condition ambiguë ($M=6,70$; $ET=3,88$) ($p= 0,52$) et les participants ayant moins de 5 ans d'expérience de la condition ambiguë ($M=10,88$; $ET=2,11$) ($p=0,98$). De même, nous ne retrouvons pas cette différence dans la condition normale, les participants ayant plus de 10 ans d'expérience dans la condition normale ($M=18,96$; $ET=4,56$) ne font pas significativement plus référence aux actions du chirurgien que les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience de la condition normale ($M=15,02$; $ET=1,67$) ($p= 0,56$) et les participants ayant moins de 5 ans d'expérience de la condition normale ($M=15,99$; $ET=4,39$) ($p=0,58$).

5.2.5.4 Mesure de la variable « données physiologiques »

Pour rappel, la variable « données physiologiques » fait référence à tous les écrans contenant des informations sur l'état de santé du patient (pertes sanguines, pouls, coloration cutanée) ainsi que les données du scope.

Nous n'observons pas d'effet du corps de métier sur la variable « données physiologiques », $F(3, 44)=0,44$, $p=0,72$. L'analyse en comparaisons planifiées montre que les IADE ($M=31,37$; $ET=6,32$) ne font pas significativement plus référence aux données physiologiques que les chirurgiens ($M=34,37$; $ET=6,54$), $F(1, 44)=0,03$, $p=0,96$, les MAR ($M=40,53$; $ET=6,21$) $F(1, 44)=0,78$, $p=0,38$, et les IBODE ($M=30,16$; $ET=6,27$) $F(1, 44)=0,006$, $p=0,94$ (cf. figure 5.23).

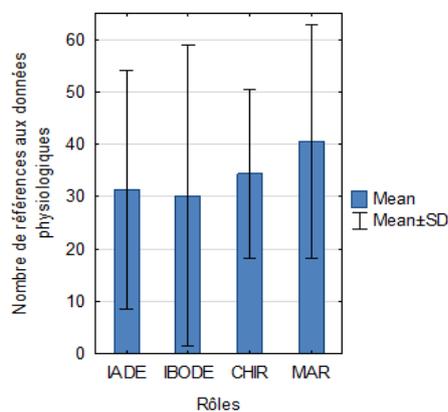


Figure 5.23 : Nombre de références aux données physiologiques en fonction de l'expérience des participants

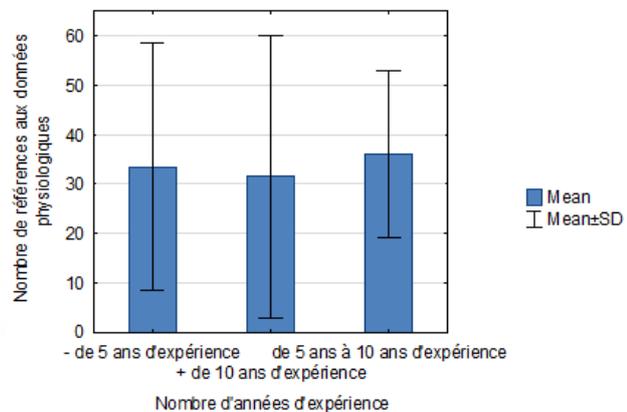


Figure 5.24 : Nombre de références aux données physiologiques en fonction des rôles

Nous n'observons pas d'effet du nombre d'années d'expérience sur la variable « données physiologiques », $F(2, 44)=0,09$, $p=0,92$. L'analyse en comparaisons planifiées ne permet pas de montrer que les participants ayant plus de 10 ans d'expérience ($M=31,50$; $ET=8,23$) font plus références aux données physiologiques que les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience ($M=35,99$; $ET=5,65$) $F(1, 44)=0,18$, $p=0,68$, ou que les participants ayant moins de 5 ans d'expérience ($M=31,51$; $ET=4,45$), $F(1, 44)=0,90$, $p=0,90$. Les participants ayant moins de 5 ans d'expérience ne font pas plus références aux données physiologiques que les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience, $F(1, 44)=0,71$, $p=0,71$ (cf. figure 5.24).

Enfin nous n'observons pas d'effet d'interaction de la condition d'ambiguïté et l'expérience $F(3, 44)=1,12$, $p=0,35$. Ici, le test post-hoc LSD de Fisher ne met pas à jour de différence significative, les participants ayant plus de 10 ans d'expérience dans la condition ambiguë ($M=23,04$; $ET=7,51$) ne font pas significativement plus référence aux données physiologiques que les

participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience de la condition ambiguë (M=50,51 ; ET=4,76) (p=0,11) et les participants ayant moins de 5 ans d'expérience de la condition ambiguë (M=34,46 ; ET=5,29) (p=0,38). De même, nous ne retrouvons pas cette différence dans la condition normale, les participants ayant plus de 10 ans d'expérience dans la condition normale (M=37,54 ; ET=13,09) ne font pas significativement plus référence aux données physiologiques que les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience de la condition normale (M=24,37 ; ET=5,04) (p= 0,38) et les participants ayant moins de 5 ans d'expérience de la condition normale (M=32,44 ; ET=7,56) (p=0,66).

5.2.5.5 Mesure de la variable « données logistiques »

Pour rappel, la variable « données logistiques » fait référence à tous les écrans contenant des informations sur l'état de l'environnement (nombre de compresses dans la salle, nombre de bouteilles de liquide physiologique, présence d'une aide extérieure).

Nous n'observons pas d'effet du corps de métier sur la variable « données logistiques », $F(3, 44)=0,90$, $p=0,45$. L'analyse en comparaisons planifiées confirme que les IBODE (M=33,27 ; ET=4,20) ne font pas significativement plus références aux données logistiques que les IADE (M=27,94 ; ET=9,68), $F(1, 44)=0,48$, $p=0,49$, les MAR (M=40,53 ; ET=6,21) $F(1, 44)=2,66$, $p=0,11$, et les chirurgiens (M=21,87 ; ET=3,76) $F(1, 44)=0,12$, $p=0,73$ (cf. figure 5.25).

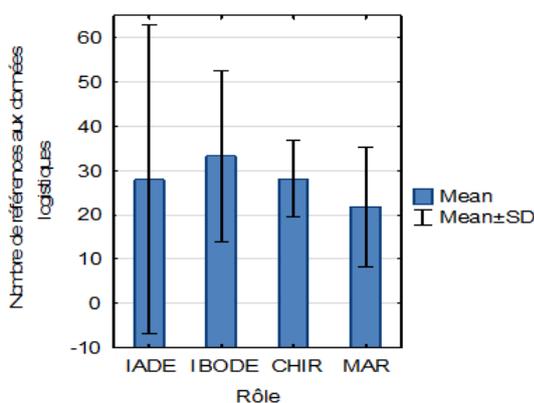


Figure 5.25 : Nombre de références aux données logistiques en fonction des rôles

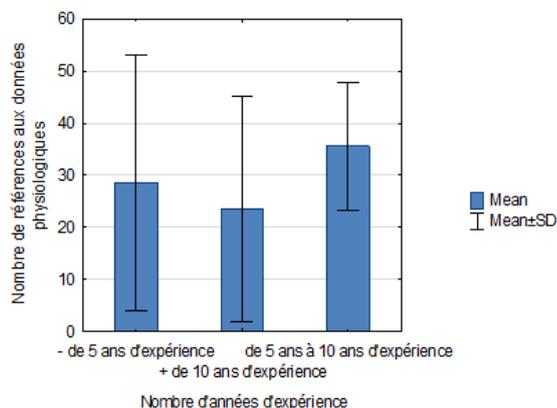


Figure 5.26 : Nombre de références aux données logistiques en fonction de l'expérience des participants

Nous n'observons pas d'effet du nombre d'années d'expérience sur la variable « données logistiques », $F(2, 44)=0,44$, $p=0,67$. L'analyse en comparaisons planifiées montre que les participants ayant plus de 10 ans d'expérience ($M=23,49$; $ET=6,24$) ne font pas plus références aux données logistiques que les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience ($M=36,61$; $ET=4,11$ $F(1, 44)=0,23$, $p=0,23$, ou que les participants ayant moins de 5 ans d'expérience ($M=28,51$; $ET=4,32$), $F(1, 44)=0,49$, $p=0,49$. Les participants ayant moins de 5 ans d'expérience ne font pas plus références aux données logistiques que les participants ayant entre 5 et 10 d'expérience, $F(1, 44)=0,68$, $p=0,41$ (cf. figure 5.26).

Enfin nous n'observons pas d'effet d'interaction de la condition d'ambiguïté et l'expérience $F(3, 44)=1,84$, $p=0,15$. Ici, le test post-hoc LSD de Fisher ne met pas à jour de différence significative, les participants ayant plus de 10 ans d'expérience dans la condition ambiguë ($M=36,18$; $ET=9,48$) ne font pas significativement plus référence aux données logistiques que les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience de la condition ambiguë ($M=31,89$; $ET=8,66$) ($p=0,77$) et les participants ayant moins de 5 ans d'expérience de la condition ambiguë ($M=34,31$; $ET=6,53$) ($p=0,87$). De même, nous ne retrouvons pas cette différence dans la condition normale, les participants ayant plus de 10 ans d'expérience dans la condition normale ($M=14,42$; $ET=6,82$) ne font pas significativement plus référence aux données logistiques que les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience de la condition normale ($M=38,58$; $ET=3,28$) ($p=0,06$) et les participants ayant moins de 5 ans d'expérience de la condition normale ($M=21,94$; $ET=5,22$) ($p=0,45$).

5.2.6 Mesures des nombres de fixations

Ces analyses reprennent le plan d'expérience de la partie 5.2.5. L'enregistrement d'oculométrie n'ayant pas été optimal pour tous les participants de l'étude, le nombre de participants pris en compte dans ces analyses est de 40.

Nous découperons ces analyses en deux niveaux. Le premier concerne la catégorisation des écrans, nous reprendrons la même catégorie que celle du découpage utilisé dans l'analyse du questionnaire SAGAT, à savoir, les écrans liés aux actions de l'IBODE, aux actions de l'IADE, aux actions du chirurgien, aux données physiologiques et aux données logistiques. Le second niveau concerne l'aire d'observation pris en compte pour la mesure du nombre de fixations, à savoir, l'ensemble de la catégorie d'écran observé, les aires d'intérêt principaux (AOI) de la catégorie en question, l'observation des scopes liés à cette catégorie d'écran et enfin l'observation des dossiers patients liés à cette catégorie.

5.2.6.1 Les écrans liés à l'IBODE

Nous n'observons pas d'effet significatif du corps de métier sur le nombre de fixations dans les écrans liés aux actions des IBODE, $F(3, 31)=1,67, p=0,19$. Une analyse en comparaison planifiée montre une différence significative entre le comportement des IBODE ($M=26,84 ; ET=3,64$) et celui des IADE ($M=37,16 ; ET=3,75$), $F(1, 32)=4,79, p=0,04$, **Les IADE font plus de fixations sur les écrans des IBODE que les IBODE elles-mêmes**. Par contre il n'y a pas de différence significative entre le nombre de fixations des IBODE et le nombre de fixations des chirurgiens ($M=27,39 ; ET=1,90$), $F(1, 32)=0,22, p=0,88$, ni avec celui des MAR ($M=23,37 ; ET=3,21$), $F(1, 32)=0,20, p=0,66$ (cf. figure 5.27).

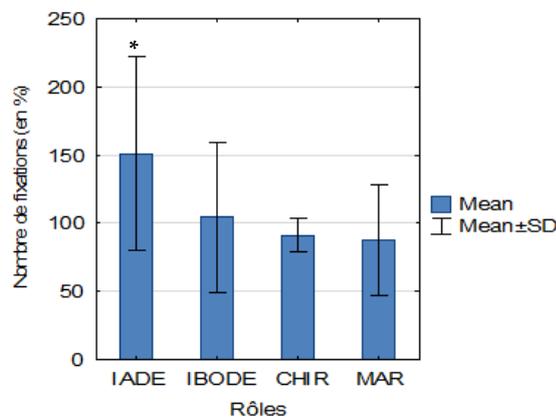


Figure 5.27 : Nombre de fixations sur les écrans d'IBODE en fonction des Rôles

* : différence significative

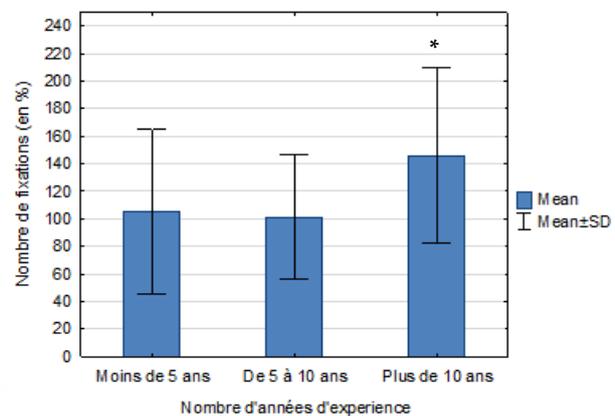


Figure 5.28 : Nombre de fixations sur les écrans d'IBODE en fonction de l'expérience des participants

* : différence significative

Nous n'observons pas d'effet significatif du nombre d'années d'expérience dans les écrans liés aux actions des IBODE, $F(2, 31)=0,99, p=0,46$. Une analyse en comparaison planifiée montre qu'il n'y a pas de différence significative entre le comportement des participants ayant plus de 10 ans d'expérience ($M=36,83 ; ET=4,72$) et celui des participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience ($M=25,95 ; ET=4,73$), $F(1, 32)=3,17, p=0,08$. **La différence est significative avec le groupe des participants ayant moins de 5 ans d'expérience** ($M=27,62 ; ET=2,84$), $F(1, 32)=7,25, p=0,01$. La différence n'est pas significative entre les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience et ceux ayant moins de 5 ans d'expérience, $F(1, 32)=0,28, p=0,60$ (cf. figure 5.28).

Enfin nous n'observons pas d'effet significatif de l'interaction entre la condition d'ambiguïté et le nombre d'années d'expérience $F(3, 31)=2,66, p=0,07$. **Cependant une analyse en comparaison planifiée met en évidence une différence significative. Le nombre de fixations des participants ayant plus de 10 ans d'expérience de la condition ambiguë** ($M=45,75 ;$

ET=8,95) est significativement supérieur à celui des participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience de la condition ambiguë (M=17,96 ; ET=5,81), $F(1, 32)=7,25$, $p=0,01$, la différence est également significativement supérieure à celui du groupe des participants ayant moins de 5 ans d'expérience en condition ambiguë (M=32,43 ; ET=5,91), $F(1, 32)=6,67$, $p=0,01$. La différence n'est pas significative entre les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience en condition ambiguë et ceux ayant moins de 5 ans d'expérience en condition ambiguë, $F(1, 32)=0,64$, $p=0,43$. Or cette différence n'est plus significative entre les participants ayant plus de 10 ans d'expérience en condition normale (M=31,49 ; ET=4,38) et ceux ayant entre 5 et 10 ans en condition normale (M=30,74 ; ET=5,39), $F(1, 32)=0,26$, $p=0,61$, il en est de même avec les participants ayant moins de 5 ans d'expérience en condition normale (M=20,89 ; ET=3,13), $F(1, 32)=1,06$, $p=0,31$. La différence n'est pas significative entre les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience en condition normale et ceux ayant moins de 5 ans d'expérience en condition normale, $F(1, 32)=2,67$, $p=0,11$.

5.2.6.2 Les écrans liés à L'IADE

Nous n'observons pas d'effet significatif du corps de métier sur le nombre de fixation dans les écrans liés aux actions de l'IADE, $F(3, 31)=0,97$, $p=0,42$. Une analyse en comparaison planifiée montre qu'il n'y a pas de différence significative entre le comportement des IADE (M=44,25 ; ET=6,83) et celui des IBODE (M=43,95 ; ET=9,53), $F(1, 32)=0,08$, $p=0,78$, ni avec celui des chirurgiens (M=32,67 ; ET=5,16), $F(1, 32)=0,70$, $p=0,41$, ni avec celui des MAR (M=30,37 ; ET=4,95), $F(1, 32)=1,77$, $p=0,19$ (cf. figure 5.29).

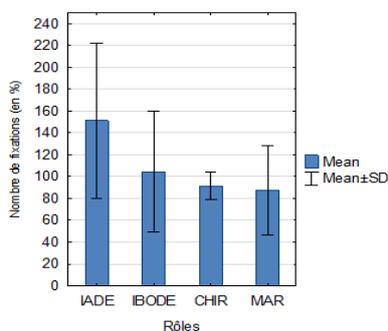


Figure 5.29 : Nombre de fixations sur les écrans d'IADE en fonction des Rôles

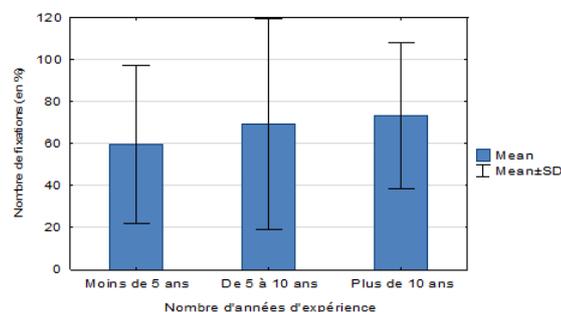


Figure 5.30 : Nombre de fixations sur les écrans d'IADE en fonction de l'expérience des participants

Nous n'observons pas d'effet significatif du nombre d'années d'expérience dans les écrans liés aux actions de l'IADE, $F(2, 31)=0,004$, $p=0,996$. Une analyse en comparaison planifiée montre qu'il n'y a pas de différence significative entre le comportement des participants ayant plus de 10 ans d'expérience ($M=43,88$; $ET=9,50$) et celui des participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience ($M=42,71$; $ET=12,92$), $F(1, 32)=0,09$, $p=0,76$ ni avec le groupe des moins de 5 ans d'expérience ($M=37,00$; $ET=4,66$), $F(1, 32)=0,07$, $p=0,80$. La différence n'est pas significative entre les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience et ceux ayant moins de 5 ans d'expérience, $F(1, 32)=0,43$, $p=0,52$ (cf. figure 5.30).

Enfin nous observons un effet d'interaction significatif entre la condition d'ambiguïté et le nombre d'années d'expérience $F(3,31)=3,66$, $p=0,02$. Cependant, une analyse en comparaison planifiée ne montre pas de différence significative, le nombre de fixations des participants ayant plus de 10 ans d'expérience de la condition ambiguë ($M=25,22$; $ET=9,86$) n'est pas significativement supérieur à celui des participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience de la condition ambiguë ($M=14,00$; $ET=6,57$), $F(1, 32)=0,004$, $p=0,95$, ni avec celui du groupe des participants ayant moins de 5 ans d'expérience en condition ambiguë ($M=32,14$; $ET=5,56$), $F(1, 32)=0,21$, $p=0,65$. La différence n'est pas significative entre les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience condition ambiguë et ceux ayant moins de 5 ans d'expérience en condition ambiguë, $F(1, 32)=0,18$, $p=0,68$. De même, cette différence n'est pas significative entre les participants ayant plus de 10 ans d'expérience en condition normale ($M=55,07$; $ET=11,84$) et ceux ayant entre 5 et 10 ans en condition normale ($M=59,93$; $ET=16,01$), $F(1, 32)=0,16$, $p=0,69$, il en est de même avec les participants ayant moins de 5 ans d'expérience en condition normale ($M=43,80$; $ET=7,87$), $F(1, 32)=0,86$, $p=0,36$. La différence n'est pas significative entre les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience condition normale et ceux ayant moins de 5 ans d'expérience en condition normale, $F(1, 32)=1,99$, $p=0,17$.

5.2.6.3 Les écrans liés au chirurgien

Nous n'observons pas d'effet significatif du corps de métier sur le nombre de fixations dans les écrans liés aux actions du chirurgien, $F(3, 31)=0,26$, $p=0,86$. Une analyse en comparaison planifiée montre qu'il n'y a pas de différence significative entre le comportement des chirurgiens ($M=43,70$; $ET=13,30$) et celui des IBODE ($M=35,86$; $ET=6,05$, $F(1, 32)=0,03$, $p=0,87$, ni avec celui des IADE ($M=45,80$; $ET=8,64$), $F(1, 32)=0,60$, $p=0,44$, ni avec celui des MAR ($M=37,51$; $ET=7,04$), $F(1, 32)=0,08$, $p=0,78$ (cf. figure 5.31).

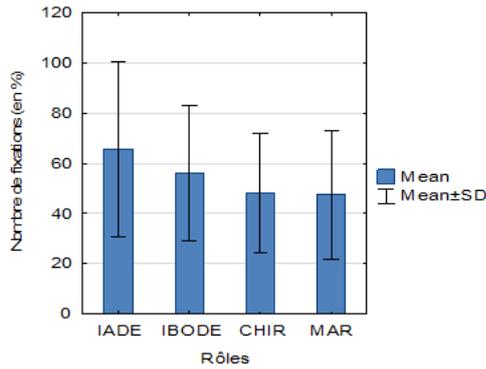


Figure 5.31 : Nombre de fixations sur les écrans de chirurgien en fonction des Rôles

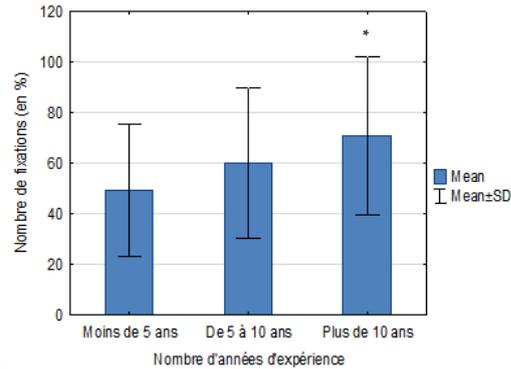


Figure 5.32 : Nombre de fixations sur les écrans de chirurgien en fonction de l'expérience des participants

* : différence significative

Nous n'observons pas d'effet significatif du nombre d'années d'expérience dans les écrans liés aux actions du chirurgien, $F(2, 31)=0,34, p=0,73$. Une analyse en comparaison planifiée montre qu'il n'y a pas de différence significative entre le comportement des participants ayant plus de 10 ans d'expérience ($M=48,35 ; ET=8,22$) et celui des participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience ($M=34,99 ; ET=8,67$), $F(1, 32)=0,56, p=0,46$, **la différence est significative avec le groupe des moins de 5 ans d'expérience ($M=38,95 ; ET=4,85$), $F(1, 32)=4,41, p=0,04$** . La différence n'est pas significative entre les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience et ceux ayant moins de 5 ans d'expérience, $F(1, 32)=1,50, p=0,23$ (cf. figure 5.32).

Enfin nous observons un effet significatif de l'interaction entre la condition d'ambiguïté et le nombre d'années d'expérience $F(3, 31)=4,91, p=0,006$. Cependant, une analyse en comparaison planifiée ne montre pas de différence significative, le nombre de fixations des participants ayant plus de 10 ans d'expérience de la condition ambiguë ($M=66,67 ; ET=24,17$) n'est pas significativement supérieur à celui des participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience de la condition ambiguë ($M=35,44 ; ET=24,10$), $F(1, 32)=2,79, p=0,10$, ni avec celui du groupe des participants ayant moins de 5 ans d'expérience en condition ambiguë ($M=52,14 ; ET=5,08$), $F(1, 32)=2,76, p=0,11$. La différence n'est pas significative entre les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience condition ambiguë et ceux ayant moins de 5 ans d'expérience en condition ambiguë, $F(1, 32)=0,19, p=0,67$. De même, cette différence n'est pas significative entre les participants ayant plus de 10 ans d'expérience en condition normale ($M=37,38 ; ET=6,05$) et ceux ayant entre 5 et 10 ans en condition normale ($M=34,72 ; ET=6,03$), $F(1, 32)=0,78, p=0,38$, il en est de même avec les participants ayant moins de 5 ans d'expérience en condition normale ($M=20,48 ; ET=5,23$), $F(1, 32)=1,43, p=0,29$. **La différence est significative entre les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience condition normale et ceux ayant moins de 5 ans d'expérience en condition normale, $F(1, 32)=5,13, p=0,03$.**

5.2.6.4 Les écrans liés aux données physiologiques

Nous n’observons pas d’effet du corps de métier sur le nombre de fixation dans les écrans liés aux données physiologiques, $F(3, 31)=1,00$, $p=0,41$. Une analyse en comparaison planifiée montre qu’il n’y a pas de différence significative entre le comportement des IADE ($M=29,69$; $ET=2,31$) et celui des IBODE ($M=30,29$; $ET=8,00$), $F(1, 32)=0,04$, $p=0,85$, ni avec celui des chirurgiens ($M=22,81$; $ET=2,07$), $F(1, 32)=0,26$, $p=0,61$ ni avec celui des MAR ($M=17,78$; $ET=4,39$), $F(1, 32)=1,50$, $p=0,23$ (cf. figure 5.33).

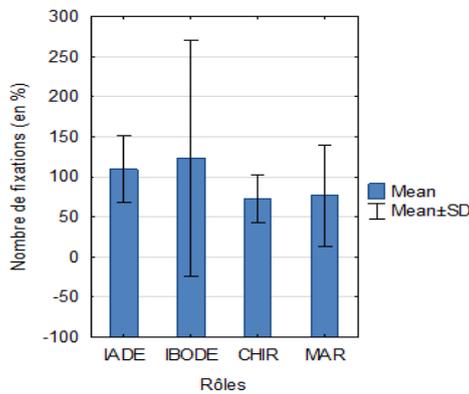


Figure 5.33 : Nombre de fixations sur les écrans de données physiologiques en fonction des Rôles

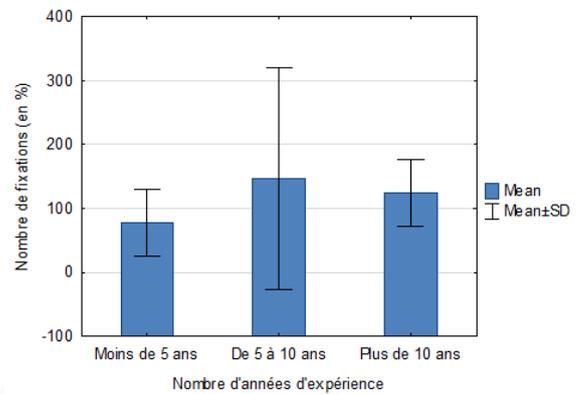


Figure 5.34 : Nombre de fixations sur les écrans de données physiologiques en fonction de l'expérience des participants

Nous n’observons pas d’effet du nombre d’années d’expérience dans les écrans liés aux actions des chirurgiens, $F(2, 31)=0,42$, $p=0,69$. Une analyse en comparaison planifiée montre qu’il n’y a pas de différence significative entre le comportement des participants ayant plus de 10 ans d’expérience ($M=32,07$; $ET=4,95$) et celui des participants ayant entre 5 et 10 ans d’expérience ($M=35,53$; $ET=13,97$), $F(1, 32)=0,72$, $p=0,40$ ni avec le groupe des moins de 5 ans d’expérience ($M=21,19$; $ET=2,85$), $F(1, 32)=0,85$, $p=0,36$. **La différence n’est pas significative mais tendancielle entre les participants ayant entre 5 et 10 ans d’expérience et ceux ayant moins de 5 ans d’expérience**, $F(1, 32)=4,12$, $p=0,051$ (cf. figure 5.34).

Enfin nous n’observons pas d’effet de l’interaction entre la condition d’ambiguïté et le nombre d’années d’expérience $F(3, 31)=2,80$, $p=0,056$. Une analyse en comparaison planifiée ne montre pas de différence significative, le nombre de fixations des participants ayant plus de 10 ans

d'expérience de la condition ambiguë ($M=32,22$; $ET=13,34$) n'est pas significativement supérieur à celui des participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience de la condition ambiguë ($M=9,17$; $ET=5,87$), $F(1, 32)=0,09$, $p=0,76$, ni avec celui du groupe des participants ayant moins de 5 ans d'expérience en condition ambiguë ($M=19,18$; $ET=2,85$), $F(1, 32)=0,04$, $p=0,84$. La différence n'est pas significative entre les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience condition ambiguë et ceux ayant moins de 5 ans d'expérience en condition ambiguë, $F(1, 32)=0,04$, $p=0,85$. De même, cette différence n'est pas significative entre les participants ayant plus de 10 ans d'expérience en condition normale ($M=31,98$; $ET=3,90$) et ceux ayant entre 5 et 10 ans en condition normale ($M=51,36$; $ET=19,21$), $F(1, 32)=3,00$, $p=0,09$, il en est de même avec les participants ayant moins de 5 ans d'expérience en condition normale ($M=24,00$; $ET=5,64$), $F(1, 32)=1,34$, $p=0,26$. **La différence est significative entre les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience condition normale et ceux ayant moins de 5 ans d'expérience en condition normale, $F(1, 32)=10,19$, $p=0,003$.**

5.2.6.5 Les écrans liés aux données logistiques

Nous n'observons pas d'effet du corps de métier sur le nombre de fixations dans les écrans liés aux données physiologiques, $F(3, 31)=0,25$, $p=0,86$. Une analyse en comparaison planifiée montre qu'il n'y a pas de différence significative entre le comportement des IBODE ($M=33,41$; $ET=12,20$) et celui des IADE ($M=18,94$; $ET=4,63$), $F(1, 32)=0,66$, $p=0,42$, ni avec celui des chirurgiens ($M=23,44$; $ET=8,38$), $F(1, 32)=0,39$, $p=0,54$ ni avec celui des MAR ($M=24,33$; $ET=8,47$), $F(1, 32)=0,66$, $p=0,42$.

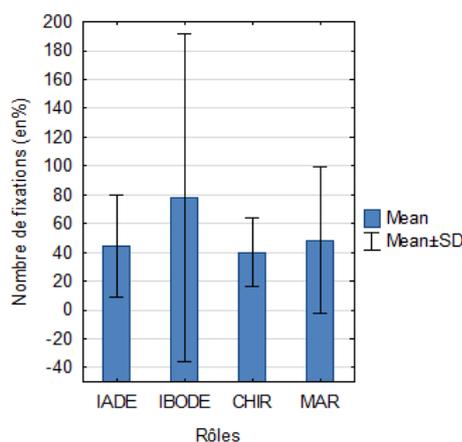


Figure 5.35 : Nombre de fixations sur les écrans de données logistiques en fonction des Rôles

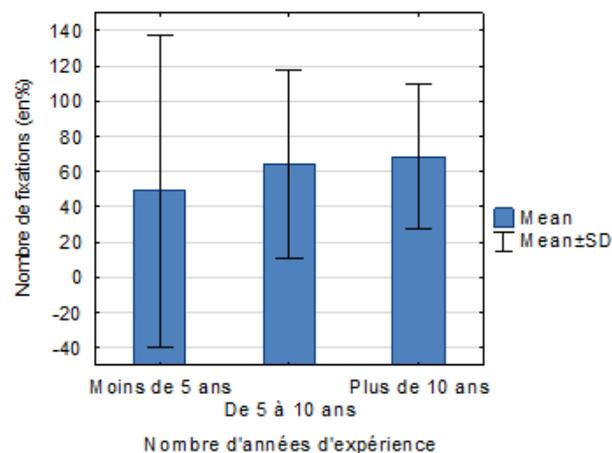


Figure 5.36 : Nombre de fixations sur les écrans de données logistiques en fonction de l'expérience des participants

Nous n'observons pas d'effet du nombre d'années d'expérience dans les écrans liés aux actions des chirurgiens, $F(2, 31)=0,02$, $p=0,98$. Une analyse en comparaison planifiée montre qu'il n'y a pas de différence significative entre le comportement des participants ayant plus de 10 ans d'expérience ($M=32,75$; $ET=7,66$) et celui des participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience ($M=32,25$; $ET=8,50$), $F(1, 32)=0,00$, $p=0,99$ ni avec le groupe des moins de 5 ans d'expérience ($M=21,33$; $ET=7,38$), $F(1, 32)=0,02$, $p=0,88$. La différence n'est pas significative entre les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience et ceux ayant moins de 5 ans d'expérience, $F(1, 32)=0,03$, $p=0,86$.

Enfin nous observons un effet de l'interaction entre la condition d'ambiguïté et le nombre d'années d'expérience $F(3, 31)=4,57$, $p=0,009$. Cependant, une analyse en comparaison planifiée ne montre pas de différence significative, le nombre de fixations des participants ayant plus de 10 ans d'expérience de la condition ambiguë ($M=13,67$; $ET=5,94$) n'est pas significativement supérieur à celui des participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience de la condition ambiguë ($M=5,25$; $ET=1,13$), $F(1, 32)=0,04$, $p=0,84$, ni avec celui du groupe des participants ayant moins de 5 ans d'expérience en condition ambiguë ($M=7,43$; $ET=1,15$), $F(1, 32)=0,002$, $p=0,96$. La différence n'est pas significative entre les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience condition ambiguë et ceux ayant moins de 5 ans d'expérience en condition ambiguë, $F(1, 32)=0,05$, $p=0,83$. De même, cette différence n'est pas significative entre les participants ayant plus de 10 ans d'expérience en condition normale ($M=44,20$; $ET=8,15$) et ceux ayant entre 5 et 10 ans en condition normale ($M=48,45$; $ET=5,18$), $F(1, 32)=0,07$, $p=0,79$, il en est de même avec les participants ayant moins de 5 ans d'expérience en condition normale ($M=40,80$; $ET=16,11$), $F(1, 32)=0,03$, $p=0,86$. La différence n'est pas significative entre les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience en condition normale et ceux ayant moins de 5 ans d'expérience en condition normale, $F(1, 32)=0,25$, $p=0,62$.

5.2.7 Synthèse des principaux résultats

Les participants ont de meilleurs scores d'observation en condition normale qu'en condition ambiguë. **L'hypothèse H1b « les scores seront plus élevés pour les participants ayant suivi le scénario en condition normale » est donc validée.** Les hypothèses H1a et H1c relatives au nombre d'années d'expérience ne sont pas validées.

Les participants ayant moins de 5 ans d'expérience font plus de projections que ceux ayant entre 5 et 10 ans d'expérience et que ceux ayant plus de 10 ans d'expérience.

En condition ambiguë (condition où les informations sont incomplètes), les participants ayant moins de 5 ans d'expérience font significativement plus de projections que ceux ayant plus de 10 ans d'expérience ainsi que ceux ayant entre 5 et 10 ans d'expérience, or nous ne retrouvons pas ce résultat en condition normale. **L'hypothèse H2a « Les participants ayant plus de 10 ans d'expérience émettent moins d'hypothèses diagnostiques » est validée.** Les hypothèses H2b, H2c et H2d ne sont pas validées.

Les IADE font significativement plus référence aux actions propres à leur corps de métiers que les IBODE, cette différence n'est plus significative par rapport aux MAR et aux chirurgiens. Les chirurgiens font significativement plus référence aux actions propres à leur corps de métiers que les IADE. Cette différence n'est plus significative par rapport aux MAR, ou aux IBODE. **L'hypothèse H3a « Chaque corps de métier favorise les actions entreprises par le personnage incarnant son rôle » n'est vérifiée que pour les corps de métiers IADE et chirurgien.**

En condition ambiguë, les participants ayant plus de 10 ans d'expérience font significativement plus référence aux actions de l'IBODE que les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience et les participants ayant moins de 5 ans d'expérience, or nous ne retrouvons pas ce résultat en condition normale. **L'hypothèse H3e « L'effet de l'expérience augmente en situation ambiguë » est validée.**

Les participants ayant plus de 10 ans d'expérience font plus référence aux actions des IADE que les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience, cette différence n'est plus significative pour les participants ayant moins de 5 ans d'expérience. **Les hypothèses H3b, H3c et H3e ne sont pas validées.**

Les participants ayant plus de 10 ans d'expérience font plus de fixations oculaires sur les écrans des IBODE et les écrans du chirurgien que les participants ayant moins de 5 ans d'expérience. En condition normale, les participants ayant entre 5 et 10 ans d'expérience font plus de fixations sur les écrans du chirurgien et sur les données physiologiques du patient que ceux ayant moins de 5 ans d'expérience. **L'hypothèse H4 « Les fixations oculaires sur les différentes données de la simulation sont influencées par le nombre d'années d'expérience, l'ambiguïté de la situation et le type de corps de métier » est partiellement validées.** Les hypothèses H4a, H4b et H4c et H4d ne sont pas validées.

5.3 DISCUSSION

Nous avons divisé l'analyse des résultats en trois parties.

La première concernait le Test de concordance de script, test qui permet d'évaluer le niveau d'expertise du personnel médical par rapport à un panel d'experts. Nous avons voulu montrer la correspondance entre le nombre d'années d'expérience et les résultats obtenus par nos participants à ce test, ceci afin d'utiliser une mesure objective de l'expertise comme facteur principal dans nos analyses de variances.

La seconde partie de notre analyse concernait les réponses au questionnaire SAGAT. Ce questionnaire est utilisé dans le cadre des simulations, il permet au participant, à un moment donné, de mettre sur pause la simulation et d'autoévaluer le niveau de conscience qu'il a de la situation (Endsley & Garland, 2000). Les questions que nous avons posées aux participants suivaient le modèle de la conscience de la situation d'Endsley (1995), à savoir des questions sur ce qu'ils avaient perçu de la situation, c'est-à-dire les éléments présents dans la salle d'opération, sur ce qu'ils avaient compris de la situation, ou plus précisément, la manière dont ils interprétaient les actions des protagonistes de la simulation et sur la façon dont ils projetaient la suite des événements c'est-à-dire le nombre de diagnostics et d'hypothèses probables qu'ils souhaitaient émettre sur la situation.

Associée à l'étude de ce questionnaire nous avons souhaité observer les mouvements oculaires de chacun des participants, afin d'avoir une mesure complémentaire des comportements liés à la prise de conscience de la situation dans la simulation. Ces deux techniques ont récemment été utilisées conjointement : 1/ dans le cadre de la conduite automobile (Reich, Wittkugel, & Stark, 2014), 2/ dans un simulateur de vol (Van de Merwe, Van Dijk & Zon, 2012) pour mesurer la prise de conscience de la situation. Quelques résultats se dégagent sur le rôle de l'expérience dans la consultation des données, dans certains cas les participants expérimentés font plus de fixations sur les données relatives au chirurgien et aux données physiologiques, nous pourrions donc discuter plus loin de ces résultats en les reliant aux résultats obtenus à l'aide du SAGAT. Il faudrait néanmoins poursuivre cette piste en améliorant le dispositif d'eye tracking et les conditions d'expérimentation (e.g. en laboratoire) et en accentuant l'expérimentation sur le type de données nécessaires à la résolution d'une situation, c'est-à-dire confronter toutes les données liées aux chirurgiens entre elles, etc.

Au premier niveau de la prise de conscience de la situation « la perception », nos résultats montrent l'impact du niveau d'ambiguïté de la situation sur le score de perception aux questions du SAGAT. Selon McCloskey (1996), le manque d'informations est la première source

d'incertitude dans une situation complexe. Nous avons donc manipulé la qualité des informations données dans notre simulation, les participants ont retenu les informations sans les interpréter dans la condition normale mais ont complété le manque d'informations de la condition ambiguë par des connaissances antérieures dont ils ont l'habitude dans ce genre de situation (par exemple : la réponse attendue sur la question portant sur le nombre de compresses était du type : « donnée non renseignée » or les participants ont majoritairement répondu un nombre de compresses standard « 10 compresses »).

Nous n'avons pas constaté d'effet de l'expérience sur le niveau des questions d'observations ; les participants quel que soit leur niveau d'expérience ont tenté de remplacer les données manquantes par des données issues de leur expérience afin de recréer une représentation de la situation correspondant à leurs attentes (Lipshitz, Omodei, McClellan, & Wearing, 2007).

Au second niveau de la prise de conscience de la situation « la compréhension », les résultats obtenus concernant ces analyses montrent que les IADE et les chirurgiens font plus référence à leur propre rôle qu'à ceux des autres, tandis que les IBODE font autant référence aux actions de l'IADE, qu'à celles du chirurgien, ou qu'à celles des deux IBODE. Nous pouvons rapprocher ces résultats de l'étude Makary et al. (2006), sur les mesures d'ententes entre les 4 corps de métiers que nous étudions également ; leurs résultats montrent que les IADE jugent plus favorablement les collaborations avec les autres IADE qu'avec les autres corps de métiers (93% positives, les collaborations avec les autres corps de métiers ayant un pourcentage inférieur à 93%), il en est de même avec les chirurgiens (85%). Nous ne pouvons mettre ces résultats en parallèle avec ceux de notre première étude, car nous avons montré que les IADE ne favorisaient aucun corps de métier dans leurs communications. Néanmoins les deux indicateurs, communications et références aux actions des partenaires ne sont pas de même nature et peuvent expliquer des processus différents. Si les références aux actions des partenaires sont des indicateurs de la prise de conscience de la situation, la communication est un indicateur plus complexe faisant intervenir des mécanismes liés aux relations sociales et organisationnelles telles que le leadership ou encore le sens de la hiérarchie venant influencer l'expression de la prise de conscience de la situation par un individu de l'équipe chirurgicale. Il serait intéressant d'établir, avec plus de précision, le rôle d'indicateur de la communication au sein du bloc dans le cadre d'une conscience partagée par les différents opérateurs (Salas & al., 1995) et dans le cadre d'une prise de conscience de la situation distribuée au sein du système « bloc opératoire » (Stanton & al., 2006).

L'analyse complémentaire des mouvements oculaires montre que les participants les plus expérimentés, fixent plus l'IBODE surtout lorsque la situation est ambiguë, de même en

situation ambiguë, ils y font plus référence. Les participants ayant plus de 10 ans d'expérience ont non seulement acquis l'expertise technique relative à leur métier mais également l'expertise du travail d'équipe, nécessaire à la réduction des risques en situation complexe (Salas, Rosen, Burke & Goodwin, 2007). Les experts ont une connaissance plus approfondie du rôle des autres membres de l'équipe et formalisent plus de procédures liées aux actions des IBODE. Ces résultats sont en accord avec ceux de l'étude 1, les experts formalisent plus de verbalisations/références liées à la gestion des procédures des autres membres de l'équipe, nous retrouvons dans ces résultats la thématique du leadership.

Enfin au troisième niveau, celui de la projection, nos résultats montrent une différence significative liée à l'expertise. Les participants ayant moins de 5 années d'expérience font plus de projections que leurs pairs ayant plus de 5/10 ans d'expérience. L'analyse du diagnostic final montre que tous nos participants sont parvenus au bon diagnostic quel que soit leur corps de métier ou leur nombre d'années d'expérience. Cependant le choix du diagnostic final s'effectue plus rapidement pour les experts que pour les novices, les experts reconnaissent plus rapidement la situation à laquelle ils sont confrontés. Cet effet est encore plus prégnant en condition ambiguë. Nous pouvons rapprocher ces résultats du champ de la Naturalistic Decision Making et du modèle « Recognition Primed Decision – RDP » de Klein (1993). Les experts fonctionnent par « pattern matching » pour accélérer l'élaboration de la représentation de la situation et donc leur décision et rapidité de réponse : ils reconnaissent que les symptômes qui leur sont présentés dans la simulation sont liés au choc hémorragique, même si les données sont manquantes ou ambiguës contrairement aux novices, qui prennent le temps d'envisager toutes les possibilités liées aux symptômes présentés. Les experts parviennent donc à compléter leur représentation mentale qui au départ pouvait être incomplète grâce à leurs connaissances antérieures. Cependant selon le modèle RDP ce comportement est surtout efficace dans les situations sous pression (Klein, 1993).

Nous avons pu observer dans cette étude les comportements informationnels liés à la prise de conscience de la situation. Les opérateurs ayant plus de 10 ans d'expérience sont plus précis dans leurs hypothèses diagnostiques, ils font plus référence aux actions de l'IBODE, ces résultats sont confirmés par les comportements oculaires des participants ayant plus de 10 ans d'expérience. Mais ces comportements varient avec le degré d'ambiguïté de la situation. Notre objectif, pour le prochain chapitre, est de trouver un dispositif permettant d'orienter ces comportements afin de pouvoir les présenter lors de session de formations.

CHAPITRE 6 : EFFET DE L'IMPLICATION DES MEMBRES D'UNE ÉQUIPE SUR LA PARTICIPATION À LA CONSTRUCTION D'UNE REPRÉSENTATION COMMUNE DE LA SITUATION

L'objectif de cette étude est de répondre à la question suivante : est-il possible de créer un environnement numérique d'apprentissage permettant de favoriser l'adoption de comportements informationnels adéquats au sein d'une équipe chirurgicale ?

Nous souhaitons déterminer l'impact du niveau de l'engagement des partenaires virtuels sur les comportements de prise d'informations en phase de construction d'un modèle de la situation dans une situation ambiguë à l'aide d'un scénario représentant une situation clinique se déroulant dans une salle d'opération et contenant des informations valides, erronées ou incomplètes. Dans cette étude, tous les participants sont des novices. Ils devaient rechercher et donner du sens aux informations présentées dans les documents fournis lors de cette simulation. L'expérimentation se termine par une décision sur la validité de ces informations. Nous avons donc mesuré le score obtenu sur la décision finale ainsi que le temps passé sur chaque information, le nombre de fois où ces documents ont été consultés et le temps passé à observer la scène globale.

6.1 MÉTHODE

6.1.1 Participants

Les 45 participants de cette étude sont des étudiants de BAC+3 à BAC+5 ou de jeunes professionnels de moins de 2 ans d'expérience et possédant un BAC+5, tous issus de filières non-médicales, ce qui nous a permis de contrôler la variation dans leurs connaissances ou expositions liées au monde médical. L'âge moyen de l'échantillon est de 23 ans (ET=3), 48,89% sont des femmes et 51,11% sont des hommes. Nous avons tout de même souhaité effectuer une évaluation subjective de leurs connaissances du milieu médical à travers un positionnement sur une échelle de Likert en 5 points selon l'assertion suivante :

« Mes connaissances du milieu médical sont :

- 1 : Aucune connaissance
- 2 : Faibles connaissances (relation proche associée au milieu médical)
- 3 : Connaissances moyennes (étudiant dans le médical à – de 5 ans de pratique)
- 4 : Fortes connaissances (- de 10 ans de pratique)
- 5 : Expert (+ de 10 ans de pratique) »

33,33% des participants ont déclaré n'avoir aucune connaissance du milieu médical, 64,44% ont déclaré avoir de faibles connaissances et 2,22% (1 personne) ont déclaré avoir des connaissances moyennes (mais aucune connaissance du fonctionnement du bloc opératoire).

6.1.2 Matériel et protocole

Nous avons présenté aux participants un scénario représentant la mise en place d'une opération chirurgicale en salle d'opération pour le retrait d'une tumeur cérébrale située dans l'hémisphère gauche (cf. encart 6.1 et figure 6.1).

Encart 6.1 : Consigne de l'étude

« Vous êtes infirmier(e) de bloc. Vous vous trouvez dans le bloc opératoire de l'hôpital, vous et votre équipe vous apprêtez à réaliser une opération sur un patient. Vous êtes actuellement 3 dans le bloc : l'aide-soignant, l'infirmière anesthésiste et vous-même. Le chirurgien n'est pas encore arrivé. Seule l'infirmière anesthésiste qui n'est pas en tenue stérile peut sortir du bloc pour aller chercher des informations et les communiquer à l'équipe. Chaque membre de l'équipe ne dispose pas des mêmes informations sur le patient. Dans le jeu, vos collègues seront simulés par une intelligence artificielle (IA) qui apprend de vos réponses et fait des choix en conséquence comme une personne le ferait. Au sein du jeu, cette IA peut prendre deux profils de comportements humains.

Elle peut être :

- *Très engagée c'est-à-dire qu'elle amènera les informations, sur le patient, nécessaires à l'équipe et posera beaucoup de questions*
 - *Peu engagée c'est-à-dire qu'elle amènera les informations, sur le patient, nécessaires à l'équipe mais posera peu ou pas de questions.*
- L'IA tout comme vous, répondra à l'ensemble des questions. »*

Selon la condition expérimentale dans laquelle se trouve le sujet, le niveau d'engagement de l'IA lui sera indiqué :

« Dans l'expérience présente, l'IA sera très engagée. » (Expé A) ou « Dans l'expérience présente, l'IA sera peu engagée. » (Expé B et C)

« Nous vous remercions de votre participation.

LA RESOLUTION DE CE SCENARIO NE DEMANDE AUCUNE CONNAISSANCE EN MEDECINE ! »

Figure 6.1 - Cette figure ne dispose pas des droits de diffusion

Les éléments qui composent ce scénario sont extraits du premier scénario réalisé pour le Serious Game 3DVOR (cf. chapitre 3), il a été conçu à l'aide d'experts du milieu médical afin de garder une cohérence maximale avec les tâches prescrites des opérateurs du bloc opératoire. Mais pour faciliter l'accès à une population plus large, aucune connaissance en médecine et/ou dans le milieu médical n'était nécessaire pour le compléter et répondre aux questions.

Trois protagonistes sont présents dans cette scène : l'aide-soignant, l'infirmière anesthésiste (IADE) et l'infirmier de bloc opératoire (IBODE). Le participant incarne l'IBODE, les deux premiers sont simulés par des scripts.

Le but des protagonistes est de vérifier l'identité du patient installé sur la table d'opération puis de vérifier la latéralité du site opératoire afin de valider les deux premiers points de la check-list de la Haute Autorité de la Santé permettant, pour rappel, de réduire les erreurs liées aux manques d'informations et de ressources matérielles durant l'opération (cf. introduction). Ces erreurs peuvent être dues à des informations manquantes ou erronées, entraînant l'opération d'un mauvais patient ou sur un site opératoire inadéquat. Ce type d'information peut également entraîner des erreurs de dosages au niveau de l'anesthésie en ne tenant par exemple pas compte des antécédents du patient.

A ces fins, le participant doit observer une série de neuf sources d'informations fournies : (1) la fiche de liaison, (2) la fiche d'anesthésie, (3) la lettre du médecin traitant, (4) la lettre du chirurgien, (5) le planning des opérations prévues, (6) l'IRM du patient, (7) le bracelet d'identification attaché au bras du patient, (8) le patient lui-même, et (9) le nom du chirurgien qui va effectivement assurer l'opération.

Le scénario est donc divisé en deux parties. Dans un premier temps, on demande aux 3 protagonistes présents dans la salle d'opération de vérifier le nom du patient, dans un second temps on leur demande de vérifier la latéralité du site opératoire. Durant chacune de ces parties, l'IADE apportera respectivement le planning des opérations prévues et l'IRM du patient. Les sept autres sources d'informations sont présentes dès le début du scénario. L'apport de documents supplémentaires permet de simuler la participation active des deux protagonistes. Nous avons fait varier le degré de participation de l'IADE en soumettant aux participants trois questions relatives aux différentes sources d'informations, dans une des conditions de l'expérimentation. Chaque partie se conclue par un vote anonyme ou non selon les conditions. Le participant peut donc choisir parmi quatre noms de patients à l'issue de la première partie et deux latéralités possibles (gauche ou droite) à l'issue de la seconde partie. Dans chacun des votes, le participant a la possibilité de répondre qu'il ne possède pas la réponse à la question. Dans les conditions où le vote n'est pas anonyme, l'aide-soignant et l'IADE choisissent chacun une réponse différente.

Chaque vignette présente sur la scène correspond à un document consultable à volonté (cf. annexe 5). Le participant doit cliquer sur la vignette dont le nom correspond au document, une fenêtre s'ouvre alors couvrant la scène, nous avons fait le choix de lui laisser la main sur la durée maximale d'exploration des documents, excepté dans la condition où l'IADE intervient. Chaque intervention venant interrompre la lecture du document, le participant doit à nouveau sélectionner ce dernier s'il souhaite poursuivre l'exploration du document.

Les documents cités plus haut sont répartis en trois catégories, selon le type d'information présentée, et leurs modalités peuvent varier entre les deux parties afin de garder une cohérence scénaristique (cf. tableau 6.1).

Tableau 6.1 : Tableau de répartition des informations selon leur degré de validité

	Partie Identification	Partie Latéralité
Information valide	<ul style="list-style-type: none"> - Lettre du médecin traitant - Nom du chirurgien - fiche de liaison 	<ul style="list-style-type: none"> - IRM - Lettre du chirurgien - Fiche d'anesthésie - Fiche de liaison
Information ambiguë	<ul style="list-style-type: none"> - Planning - Lettre du chirurgien - Fiche d'anesthésie 	<ul style="list-style-type: none"> - Planning - Lettre du médecin traitant
Information manquante	<ul style="list-style-type: none"> - Bracelet du patient - Demander au patient 	<ul style="list-style-type: none"> - Bracelet du patient - Demander au patient

Les *informations valides* ne présentent aucune source d'ambiguïté, elles contiennent le nom et prénom du patient, sa date de naissance et si le nom du chirurgien est mentionné ; il est le même que celui qui doit opérer dans la salle d'opération des protagonistes. Les documents liés contiennent également la mention « tumeur cérébrale gauche ». *L'ambiguïté des informations* est introduite avec l'apport du planning par l'IADE. Il contient, d'une part, une source de confusion : il y a deux patients avec le même nom de famille et d'autre part, deux erreurs : le nom du chirurgien associé à l'opération ne correspond pas à l'identité du patient en salle sur les documents complets (prénom et nom) ; le nom du patient est associé à une tumeur cérébrale droite. La lettre du chirurgien et la fiche d'anesthésie ne comporte que le nom de famille du patient et la lettre du médecin traitant et la fiche d'anesthésie ne contiennent que la mention « tumeur cérébrale » sans préciser la latéralité. Les informations absentes sont la représentation des éléments manquants de la situation qui pourraient permettre l'identification univoque du patient, c'est-à-dire le bracelet d'identification du patient et la présence du chirurgien que le patient a consulté préalablement.

6.1.3 Les variables

6.1.3.1 Variables indépendantes

Dans cette étude, nous avons manipulé les trois variables indépendantes suivantes :

1. **Variable d'anonymat du vote.** Au moment **des votes** lors des prises des deux décisions finales (décision sur l'identité du patient et décision sur la latéralité du site opératoire), nous avons manipulé la présentation des réponses proposées selon deux modalités :
 - a. En plus des réponses possibles, nous avons **affiché le choix** de l'IADE correspondant à la bonne réponse et le choix de l'aide-soignant, correspondant à une mauvaise réponse.
 - b. Nous avons affiché **uniquement les réponses** possibles.
2. **Variable d'engagement des partenaires.** Lors du briefing de l'expérience, il était précisé au participant que « l'Intelligence Artificielle (IA) » gérant les partenaires virtuels pouvait être plus ou moins engagée dans l'action, et que le but de l'expérience était de tester ces IA. Nous avons établi deux modalités pour cette variable qui se traduisent par les deux comportements de L'IADE cités plus haut :
 - a. Une IADE qui **pose des questions** sur le contenu des documents présents en salle.

- b. Une IADE qui **ne pose pas de question**.
3. **Variable de qualité des informations.** Afin d'augmenter la difficulté de la tâche et dans le but d'observer une variation dans les comportements des participants, **la qualité des informations** variait selon les documents présentés (cf. tableau 1). Chaque participant était soumis aux 3 mêmes variations :
 - a. Certains documents contenaient des **informations valides**.
 - b. Certains documents contenaient des **informations ambiguës**
 - c. Certains documents manquaient simplement d'informations (**informations absentes**).

Les deux premières VI sont en intergroupes, la dernière en intra-groupes.

Nous avons donc décidé d'organiser 3 groupes pour tester les deux variables indépendantes inter-participants (engagement et anonymat) :

- G1 : Vote non anonyme & partenaire engagé
- G2 : Vote non anonyme & partenaire non engagé
- G3 : Vote anonyme & partenaire non engagé

La condition « Vote anonyme & partenaire engagé » ne correspond pas à une situation réaliste, lors de son engagement, le personnage fait part de son opinion.

Pour tester le rôle de l'engagement du partenaire, nous comparons les résultats obtenus par G1 et G2. Pour tester le rôle du vote, nous comparons les résultats obtenus par G2 et G3. La troisième variable portant sur la qualité des informations est une variable intra-participant, elle sera reprise dans chaque groupe.

6.1.3.2 Variables dépendantes

Au regard de nos objectifs et hypothèses, nous avons étudié 4 VD :

1. **Les temps de consultations des documents** (en secondes). Ces temps correspondent à la somme des temps passés sur l'ensemble des documents.
2. **Le nombre de consultations de ces documents.** Il s'agit de la somme des clics de souris pour l'ensemble des vignettes.
3. **Les temps passés à observer la scène du bloc** (en secondes), c'est-à-dire la somme des temps où le participant ne consulte pas les documents et ne répond ni aux votes, ni aux questions de l'IADE, le cas échéant.

4. **Un score global de réponse aux deux votes**, ceci pour chaque participant.

Ce score étant calculé de la façon suivante :

- Une bonne réponse au vote vaut 1 point.
- Une réponse de type « je ne sais pas » vaut 0,5 point.
- Une mauvaise réponse vaut 0 point.

Nous considérons qu'il est préférable d'admettre ne pas savoir plutôt que de prendre le risque d'opérer le mauvais patient ou au mauvais endroit.

En ce qui concerne l'analyse de la qualité des informations présentées (i.e. informations valides, manquantes, erronées), nous ne pouvons faire d'analyse que sur le temps de consultation des documents et leur nombre de consultation. Comme le nombre de documents contenant des informations de chaque type (valide, ambiguë, absente) n'est pas égal, chaque donnée a été rapportée sur le nombre de documents de chaque type (exemple: données = nombre de consultation de documents valide/nombre total de documents valides présentés dans le scénario).

6.1.4 Hypothèses

Nous avons émis les hypothèses générales suivantes :

- Un niveau d'engagement élevé des partenaires même virtuels dans une activité dirigée par un but partagé devrait améliorer la profondeur de traitement des individus et affiner la représentation occurrente de la situation.
- L'impact de l'ambiguïté des informations présentées dans une situation de cas dégradé (situation comprenant des informations incohérentes voire conflictuelles) devrait être plus faible lorsque les joueurs se trouvent en présence d'acteurs virtuels également engagés dans l'action.
- Le vote non anonyme (équivalent du vote à main levée) devrait permettre de renforcer les comportements d'engagement du joueur (participant).

De façon plus précise, nous formulons les hypothèses opérationnelles suivantes :

1. **Les scores obtenus aux votes** devraient être :
 - a. plus élevés pour le groupe G1 que pour le groupe G2,
 - b. plus élevés pour le groupe G2 que pour le groupe G3.

2. **Le nombre de consultation des documents** devrait être :
 - a. plus important pour le groupe G1 que pour le groupe G2.
 - b. plus important pour le groupe G2 que pour le groupe G3.
 - c. plus important pour les documents contenant des informations ambigües que pour les documents contenant des informations manquantes ou valides .
(Changement de sens de l'hypothèse)

3. **Les temps de consultations des documents** devraient être :
 - a. plus importants pour le groupe G1 que pour le groupe G2.
 - b. plus importants pour le groupe G2 que pour le groupe G3.
 - c. plus importants pour les documents contenant des informations ambigües que pour les documents contenant des informations manquantes ou valides.

4. **Les temps passés à observer la scène devraient être :**
 - a. plus importants pour le groupe G1 que pour le groupe G2,
 - b. plus importants pour le groupe G2 que pour le groupe G3.

6.2 RESULTATS

Nous avons effectué des comparaisons de moyennes par groupes (t de Student) entre le groupe G1 et le groupe G2 (pour déterminer le rôle de l'engagement du partenaire) sur le score global aux deux votes, du nombre de consultation des vignettes, du temps de consultation des vignettes et du temps passé à observer la scène pour mesurer l'effet de l'engagement.

Nous avons repris ces tests entre le groupe G2 et le groupe G3 pour mesurer l'effet de l'anonymat.

Pour rappel, la comparaison de G1 avec G3 ne peut être unilatérale car deux variables évoluent en même temps (anonymat et engagement). Particulièrement, pour l'analyse du nombre et temps de consultation des documents au regard de la qualité des informations contenus dans les documents, nous avons effectué une ANOVA à mesures répétées en mesurant les effets de l'engagement puis de l'anonymat.

6.2.1 Scores obtenus aux deux votes

Les analyses statistiques montrent que les scores obtenus aux votes par le groupe G2 (M=1,90 ; ET =0,28) sont significativement supérieurs aux scores obtenus par le groupe G1 (M=1,67 ; ET =0,41), $t(24)=-1,83$; $p=0,04$ (cf. figure 6.2).

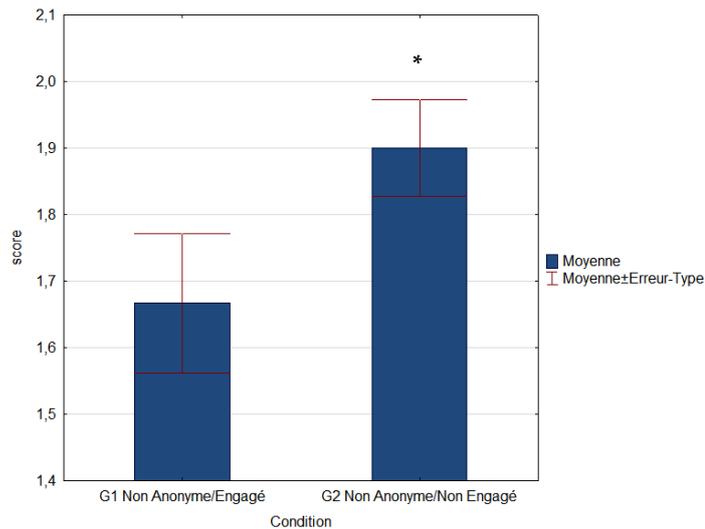


Figure 6.2 : Moyennes des scores obtenus aux votes en fonction de l'engagement
* : différence significative

Les scores obtenus aux votes par le groupe G2 (M=1,90 ; ET =0,28) sont également significativement supérieurs à ceux obtenus par le groupe G3 (M=1,64 ; ET =0,52), $t(21)=1,76$; $p=0,05$ (cf. figure 6.3).

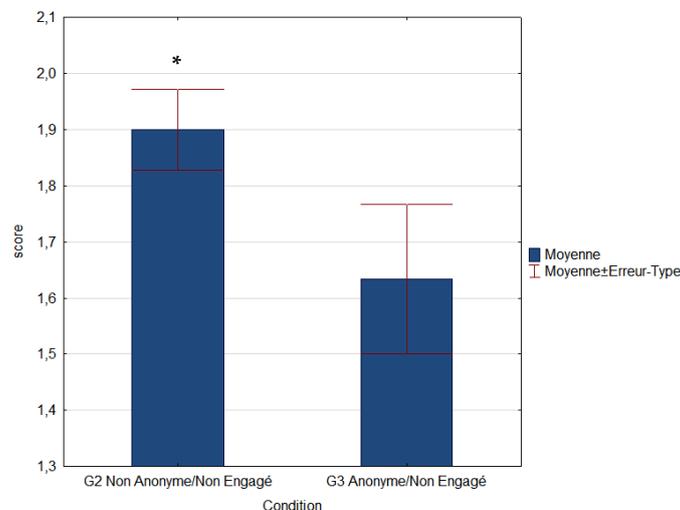


Figure 6.3 : Moyennes des scores obtenus aux votes en fonction de l'anonymat
* : différence significative

6.2.2 Nombre de consultations des documents

Le nombre de vignettes consultées par le groupe G1 ($M= 20,5$; $ET = 7,7$) est significativement supérieur à celui du groupe G2 ($M= 16,4$; $ET = 4,0$), $t(21)=1,84$; $p=0,04$ (cf. figure 6.4).

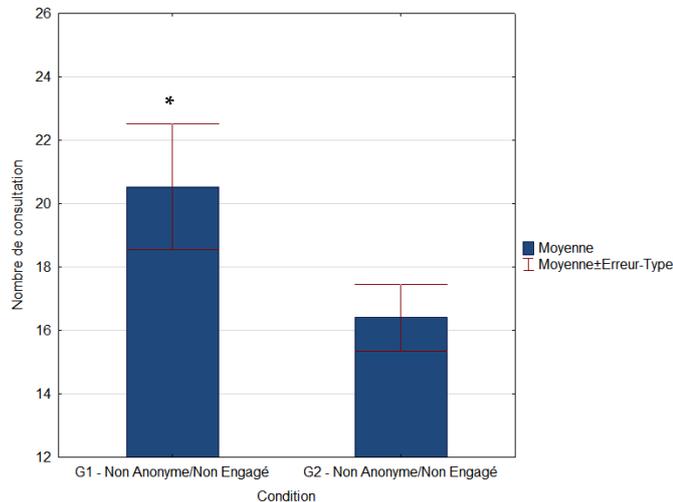


Figure 6.4 : Moyennes du nombre de consultation des documents en fonction de l'engagement
* : différence significative

En outre, le participant n'est pas conscient de l'anonymat du vote avant le premier vote. Or, nous cherchons à tester l'évolution des comportements entre la partie « identité » et la partie « latéralité ». Nous avons donc calculé l'écart du nombre de consultations de documents entre chaque phase, c'est-à-dire la valeur absolue de la différence entre le nombre de consultations de la partie latéralité et celui de la partie identité.

L'analyse statistique entre l'écart des groupes G2 ($M=3,20$; $ET=2,76$) et G3 ($M=3,33$; $ET=2,23$) ne montre pas de différence significative, $t(28)=-0,15$; $p=0,89$ (cf. figure 6.5).

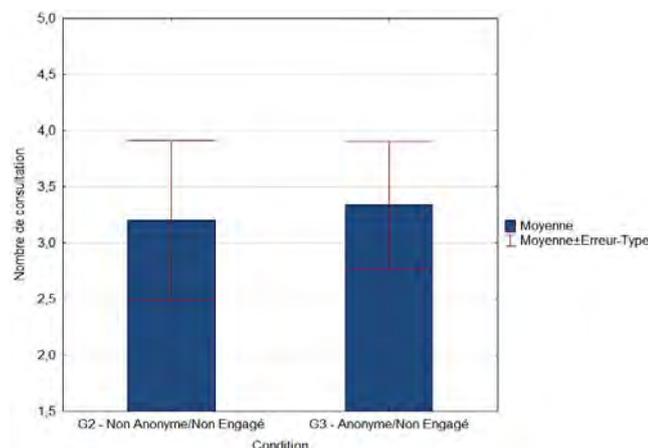


Figure 6.5 : Moyennes du nombre de consultation des documents en fonction de l'anonymat

Nous avons réalisé une ANOVA à mesures répétées afin de mesurer les effets des conditions d'anonymat et d'engagement sur le nombre de consultation des documents selon leur degré de qualité (valides, ambiguës, absentes). Les résultats ne montrent pas d'effet de la condition sur l'exploration des documents ($F(2,42)=1,91$; $p=0,16$) mais bien **un effet de la qualité des informations** ($F(2,84)=20,41$; $p<0,001$; $\eta_p^2 = 0,327$). L'analyse ne montre pas d'effet significatif d'interaction de la condition et du degré de qualité des informations ($F(4,84)=1,46$; $p=0,22$).

Nous avons émis l'hypothèse que le nombre de consultations des documents contenant des informations « ambiguës » serait supérieur au nombre de consultation des documents contenant des informations « absentes » et « valides ». Nous avons poursuivi l'analyse par des comparaisons planifiées. **Le nombre total de consultations des documents contenant des informations « ambiguës » ($M=2,47$; $ET=0,15$) est significativement supérieur à celui des documents ayant des informations « absentes » ($M=1,74$; $ET=0,15$), $F(1,42)=22,38$; $p<0,0001$. Il en est de même pour la comparaison entre e nombre total de consultations des documents contenant des informations « ambiguës » et le nombre total de consultation des documents contenant des informations « valides » ($M=1,82$; $ET=0,10$), $F(1,42)=37,18$; $p<0,0001$ (cf. figure 6.6).**

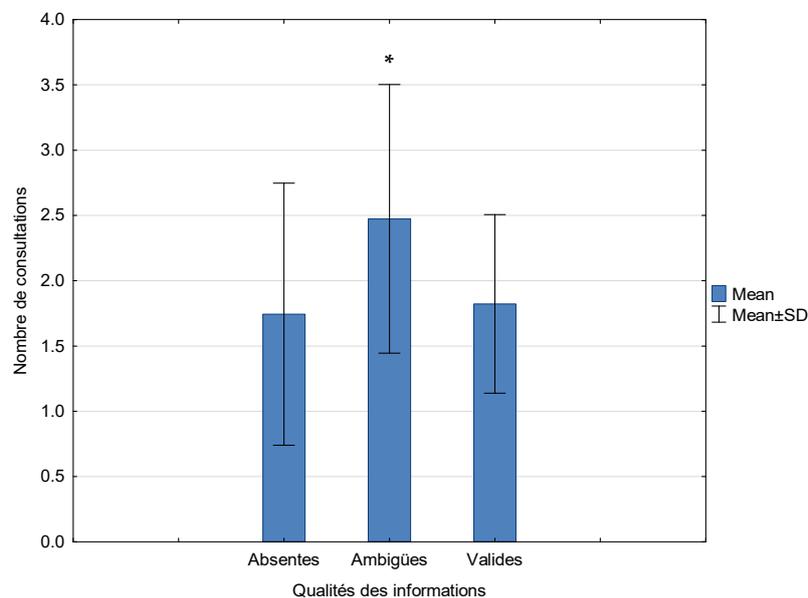


Figure 6.6 : Moyennes du nombre de consultation des documents selon la qualité des informations

* : différence significative

6.2.3 Temps de consultation des documents

L'analyse statistique entre G1 (M=207,50 ; ET =106,47) et G2 (M=213,76 ; ET =140,21) ne montre pas d'effet significatif de la condition sur le temps de consultation des vignettes, $t(28)=-0,14$; $p=0,89$ (cf. figure 6.7).

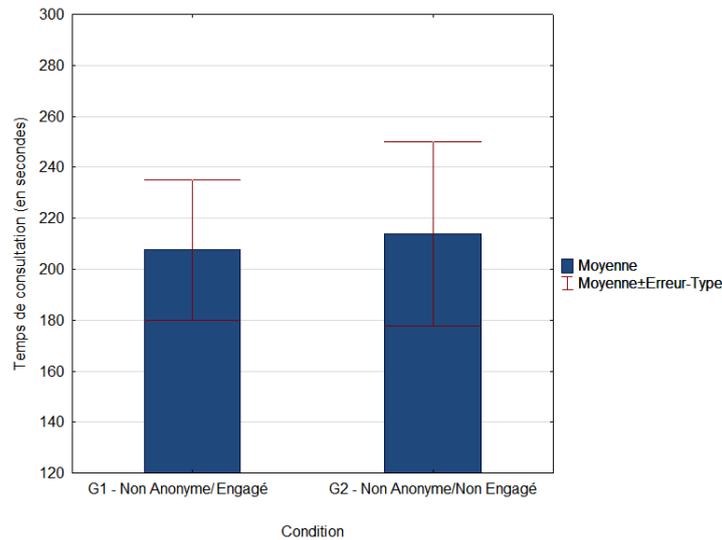


Figure 6.7 : Moyennes du temps de consultation des documents en fonction de la condition engagement

De même que pour l'analyse des comparaisons de moyennes des nombres de consultations (cf. chapitre 6.2.2), les participants ne sont pas conscients de l'anonymat du vote avant de participer au premier vote qui clôt la partie « identité ». Or, ce qui nous intéresse c'est la différence des écarts de temps passé sur les documents entre partie « identité » et partie « latéralité ». Nous avons donc calculé l'écart du temps de consultation des documents entre chaque partie, c'est-à-dire la valeur absolue de la différence entre le temps de consultation de la partie latéralité et celui de la partie identité. L'analyse statistique de l'écart du temps de consultation entre les groupes G2 (M=49,93 ; ET=51,54) et G3 (M=69,36 ; ET=47,95) ne montre pas de différence significative, $t(28)=-1,069$; $p=0,29$ (cf. figure 6.8).

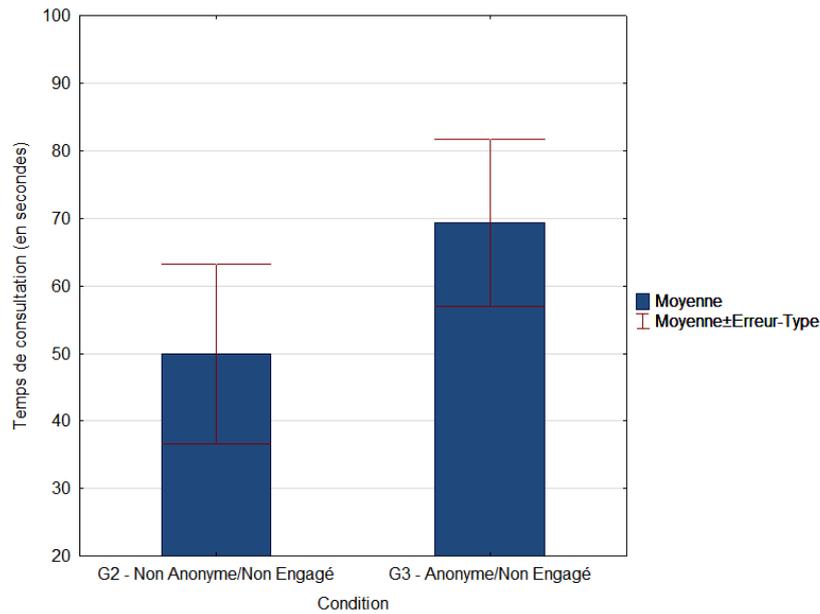


Figure 6.8 : Moyennes du temps de consultation des documents en fonction de la condition Anonymat

Nous avons réalisé une ANOVA à mesures répétées pour déterminer les effets des conditions d'anonymat et d'engagement sur le temps d'exploration des documents selon leur degré de qualité (valides, ambiguës, absentes). Les résultats ne montrent pas d'effet de la condition sur le temps d'exploration des documents $F(2, 42)=0,82$; $p=0,45$ mais **un effet de la qualité des informations** $F(2,84)=65,37$; $p<0,001$; $\eta_p^2= 0,609$. L'analyse ne montre pas d'effet d'interaction de la condition et du degré de qualité des informations $F(4,84)=0,45$; $p=0,78$.

Nous avons émis l'hypothèse que le temps de consultations des documents contenant des informations « ambiguës » serait supérieur au temps de consultation des documents contenant des informations « absentes » ou « valides ». Nous avons poursuivi l'analyse avec des comparaisons planifiées. **Le temps total de consultation des documents contenant des informations « ambiguës »** ($M=33,46$; $ET=3,17$) **est significativement supérieur à celui des documents contenant des informations « absentes »** ($M=6,28$; $ET=0,56$), $F(1,42)=84,23$; $p<0,0001$. **Il en est de même pour la comparaison entre le temps total de consultation des documents contenant des informations « valides »** ($M=22,73$; $ET=2,20$), $F(1,42)=25,68$; $p<0,0001$ (cf. figure 6.9).

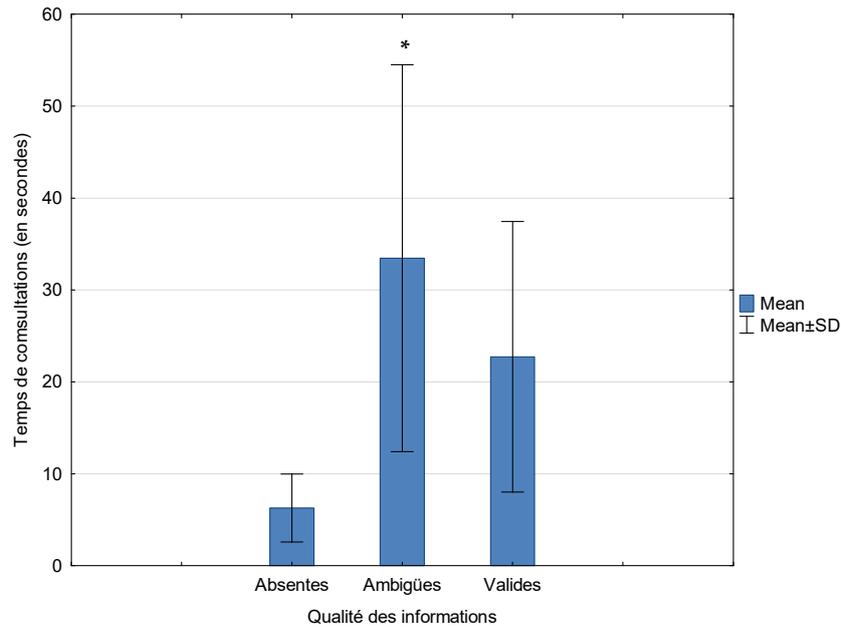


Figure 6.9 : Moyennes du temps de consultation des documents selon la qualité des informations liées

* : différence significative

6.2.4 Temps passé sur la scène

L'analyse statistique montre que les participants du groupe G1 ($M=128,75$; $ET=58,74$) passent significativement plus de temps sur la scène que les participants du groupe G2 ($M=78,14$; $ET=35,63$), $t(28) = -3,92$; $p < 0,001$ (cf. figure 6.10).

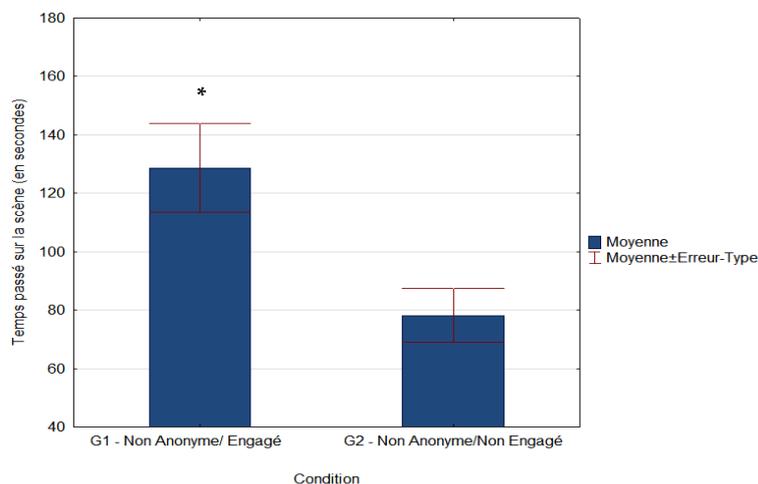


Figure 6.10 : Moyennes du temps passé sur la scène pour la condition engagement

* : différence significative

Pour les mêmes raisons que précédemment (cf. chapitres 6.2.2 et 6.2.3), nous avons calculé l'écart de temps entre chaque partie, c'est-à-dire la valeur absolue de la différence entre le temps d'exploration de la partie « identité » et de la partie « latéralité ». L'analyse statistique ne montre

pas de différence significative entre les groupes G2 (M=20,08 ; ET=20,08) et G3 (M=15,09 ; ET=12,09), $t(28)=0,92$; $p=0,3$ (cf. figure 6.11).

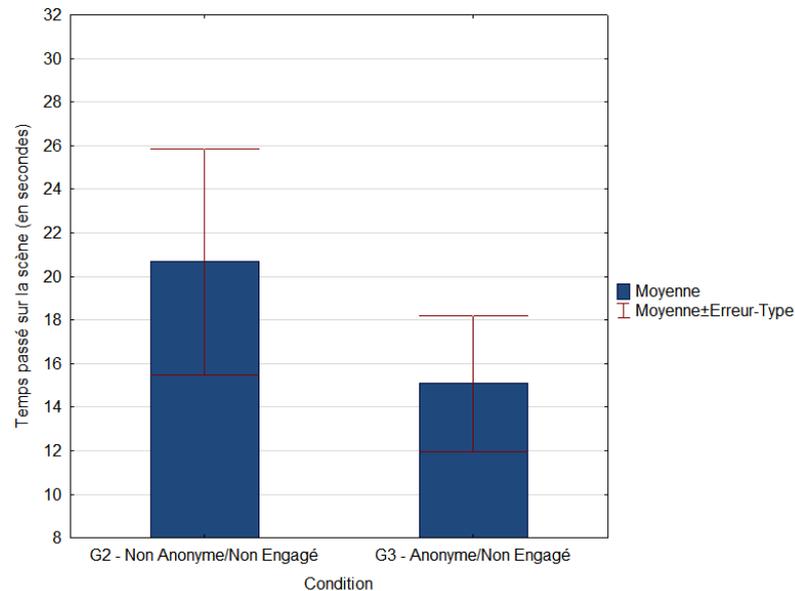


Figure 6.11 : Moyennes des temps passés sur la scène pour la condition anonymat

6.2.5 Synthèse des principaux résultats

Les scores obtenus aux votes sont significativement supérieurs pour le groupe G2 « Non anonyme/Non Engagé » invalidant ainsi l'hypothèse H1a « l'engagement des protagonistes a un effet positif sur les résultats obtenus au vote » mais **validant l'hypothèse H1b « l'anonymat a un effet positif sur les résultats obtenus au vote »**.

Le nombre de documents consultés est significativement supérieur pour le groupe G1 « Non Anonyme/Engagé » **validant l'hypothèse H2a « l'engagement augmente le nombre de consultations des documents »**. Toutefois l'écart du nombre de consultation entre la phase 1 et la phase n'est pas significativement différent entre les groupes G2 et G3 « Anonyme/Non Engagé », l'hypothèse H2b « la condition « Non anonyme » augmente le nombre de consultation des documents » n'est pas validée. **L'hypothèse H2c selon laquelle le nombre de documents consultés est plus important pour les documents contenant des informations ambiguës que pour les documents contenant des informations manquantes ou valides est également validée.**

Les temps de consultation des documents ne varient pas significativement entre les groupes G1 et G2, ni entre les groupes G2 et G3, les hypothèses H3a, « les temps de consultation des documents sont supérieurs en conditions « Engagé » », et H3b, « les temps de consultation des

documents sont supérieurs en conditions « Non Anonyme » », ne sont pas validées. **L'hypothèse H3c, « les temps de consultation des documents sont plus importants pour les documents contenant des informations ambigües que pour les documents contenant des informations manquantes ou valides », est validée.**

Les temps passés à observer la scène sont significativement supérieurs pour le groupe G1 que pour le groupe G2 **validant l'hypothèse H4a « l'engagement augmente le temps passé sur la scène »**. L'écart des temps entre la phase 1 et la phase 2 ne sont pas significativement différents entre les groupes G2 et G3, l'hypothèse H4b « les temps passés sur la scène sont supérieurs en condition « non anonyme » » n'est pas validée.

6.3 DISCUSSION

A travers cette étude, nous souhaitons observer les effets de l'implication des partenaires sur l'engagement et les prises de décisions d'un joueur dans une simulation à travers l'outil de vote. Nous avons évalué l'effet de l'engagement dans l'action des autres protagonistes ainsi que l'anonymat lors de la prise de décision.

La réussite de la coopération entre un protagoniste virtuel et humain passe notamment par l'établissement d'une connaissance partagée des informations, par l'établissement d'un système de communication et par l'établissement d'un but commun (Salas, Fiore, & Letsky, 2012). L'engagement du protagoniste virtuel a donc été simulé à travers un système de questions-réponses entre le participant et l'IADE virtuelle, le but commun a été défini dans le briefing. Les effets de l'engagement peuvent s'observer à travers l'étude des documents et du temps passé sur la scène. Si les participants ne passent pas plus de temps sur les documents en condition « engagé » ils y reviennent significativement plus souvent. De plus, le temps passé sur la scène est significativement supérieur en condition « engagé » qu'en condition « non engagé ». Nous pouvons relier ces deux activités « étude des documents » et « exploration de la scène » à l'activité cognitive d'élaboration d'une représentation occurrente de la situation. L'étude des documents représente la partie acquisition de l'information, ou dans selon le modèle d'Ensley (1995), le niveau d'observation. L'absence de résultats significatifs dans l'étude des temps de consultation des documents peut être expliquée par le fait que la phase d'observation et d'acquisition des informations est la même quelle que soit la condition d'engagement. Les différences apparaissent au niveau des temps passés sur la scène et du nombre de retours aux documents peuvent être rattachées aux comportements du niveau 2 du modèle d'Ensley (1995), le niveau de compréhension, c'est-à-dire la construction du modèle de la situation occurrente par association d'informations. Le but de l'exercice étant de prendre une décision commune sur la base d'informations présentées, chaque individu concerné doit posséder un

maximum d'informations. Ainsi, selon la typologie de Cannon-Bowers et Salas (2001) l'équipe doit posséder, dans le cas présent, des connaissances identiques, mais également un niveau de conscience de la situation et d'interprétation des informations similaires (niveau 2 du modèle de la conscience de la situation) (Klimoski & Mohammed, 1994). Le partage d'informations à l'identique induit également la recherche d'un commun accord sur le diagnostic de la situation (Thompson & Finn, 1999 ; Salas, Fiore, & Letsky, 2012). Les scores obtenus aux questions de diagnostic devaient permettre d'étudier cette question. Les résultats obtenus montrent que le groupe « non engagé » / « non anonyme » a obtenu de meilleures performances que les deux autres. Ces résultats rentrent en contradiction avec les travaux de Salas et al. (1995) sur l'engagement et la performance à la tâche, selon laquelle l'engagement des partenaires est un facteur important dans la réussite du travail d'équipe. De plus, la raison de cette absence de résultats peut être due au niveau de complexité insuffisant du scénario, car nous ne savons pas si les participants ont choisi leurs réponses en fonction de leur propre représentation, car celle-ci leur suffisait, ou du choix (de la représentation) de l'IADE, qui possédait la bonne réponse à chaque fois. Une piste envisagée serait de proposer un vote en plusieurs étapes afin de simuler l'apparition d'un consensus entre les partenaires virtuels (en augmentant leur nombre), ceci afin d'observer l'évolution de la réponse du participant et /ou en faisant varier le détenteur de la bonne réponse parmi les protagonistes virtuels (par ex. dans une condition, la bonne réponse est tenue par un protagoniste virtuel proactif, dans une autre elle est détenue par un protagoniste virtuel inactif). Ces designs supplémentaires pourraient également permettre d'observer des différences sur la variable « anonymat » dans le reste des observations (temps et nombre de consultation des documents et temps passé sur la scène).

Enfin, nous observons une différence entre les temps et nombre de consultations des documents contenant des informations ambiguës et ceux des informations absentes (1) ou valides (2).

1. L'absence d'informations demande moins de traitement que la présence d'informations, surtout si, comme c'est le cas dans notre expérimentation, la présentation des documents rend saillante la localisation attendue des informations.
2. L'ambiguïté des informations est introduite avec l'apport du planning par l'IADE. Les participants ne peuvent distinguer quelles sont les informations erronées vs. valides sans avoir préalablement établi un modèle de la situation. Lors du processus d'élaboration du modèle, les participants se retrouvent dans une situation d'incertitude liée à l'incongruence ou au conflit d'informations entre deux sources (cf. partie 2.2.1.2).

Selon Jones et Endsley (2011), si deux sources sont contradictoires, il est alors nécessaire de vérifier toutes les autres sources disposant de cette même information afin de déterminer la source la plus pertinente. Les informations erronées sont traitées plus lentement car elles sont identifiées comme étant non congruentes avec le reste du modèle présentant une version stable de la situation. Ce résultat vient nuancer l'hypothèse selon laquelle l'établissement du modèle de la situation occurrente s'effectue au niveau de la scène, lors de la vision globale et non au lors de l'acquisition des informations sur chaque document. Dans un cas la résolution de l'incertitude liée à l'incongruence des informations, peut être effectuée lors de la consultation de ces informations. Des expérimentations supplémentaires seraient nécessaires pour déterminer à quel moment précisément ces informations sont élaguées du modèle.

CHAPITRE 7 : DISCUSSION ET CONCLUSION

Les objectifs de cette thèse étaient multiples et correspondent à l'intérêt double de la psychologie ergonomique consistant à 1/ à construire de nouvelles connaissances théoriques et 2/ à proposer des éléments appliqués pour le développement d'outils de formations aux compétences informationnelles de type serious game. L'apport théorique de nos travaux devait donc permettre un éclairage sur le rôle des comportements informationnels dans l'élaboration d'une conscience de la situation entre les membres d'un système dynamique et complexe et plus précisément de tester le modèle d'Endsley (1995) au bloc opératoire. Nous souhaitons également proposer des leviers pour orienter ces comportements que nous pourrions utiliser dans un dispositif de formation numérique pour le personnel du bloc opératoire, tel que 3DVOR. L'un des objectifs sous-jacents de cette thèse était donc de participer à l'effort de conception d'outils de formation pour la remédiation aux problématiques de sécurité du patient, liées aux erreurs humaines.

Notre volonté était donc d'ancrer nos travaux dans une démarche relevant de la psychologie ergonomique et de rester le plus cohérent possible avec la réalité du terrain sans trop en perturber le fonctionnement. Dès lors, nous avons commencé notre recherche empirique par une collecte de données sur le terrain lors de situations réelles d'opérations chirurgicales. Six opérations ont été filmées sur site dans les hôpitaux de Toulouse. Néanmoins nos objectifs étant également liés à la remédiation des situations à risques, il nous fallait monter un dispositif permettant d'observer les opérateurs dans des situations délicates, dites dégradées. Nous avons donc établi, à l'aide de professionnels chirurgiens, médecin anesthésiste IADE et IBODE, reconnus comme experts par leurs pairs au bloc opératoire, un scénario suffisamment générique pour permettre d'observer des opérateurs issus de diverses spécialités mais contenant suffisamment de détails pour être assimilé à l'expérience de chacun des participants. Ce scénario simulé par ordinateur nous a également permis d'observer une population face à un ensemble plus contrôlé de stimuli. Enfin, nous l'avons vu au cours du chapitre 2, le secteur industriel des Serious Games s'est emparé de la problématique de la gestion des risques au bloc opératoire. Notre contribution consiste, en ce domaine, à apporter un levier vidéo-ludique permettant d'orienter les comportements de joueurs et de les familiariser avec des conduites favorisant la sécurité du patient. Nous avons, pour cela, créé un scénario permettant la collaboration entre différents membres du bloc. Pour des raisons de validité statistique et de disponibilité de la population nous avons choisi de réduire le niveau de difficulté du scénario afin que toute personne naïve du monde hospitalier (sans aucune connaissance médicale) puisse résoudre les objectifs scénaristiques. Nous rappellerons dans la partie suivante les

résultats principaux obtenus pour chacune de nos 3 études, puis nous reviendrons sur les théories liées à la construction de la représentation de la situation occurrente et le rôle de la prise d'information dans cette élaboration que nous avons étudiées dans le chapitre 3 ainsi que de sur validité de nos résultats au sein du champ d'étude des compétences non-techniques des professionnels du bloc opératoire exposées dans le chapitre 2. Nous terminerons notre analyse sur l'intégration des comportements liés à ces compétences non-techniques informationnelles dans les modèles théoriques de conscience de la situation. Pour conclure nous ouvrirons le débat sur des perspectives théoriques et pratiques qui nous paraissent pertinentes à poursuivre compte tenu de nos résultats.

7.1 PRINCIPAUX RÉSULTATS OBTENUS

7.1.1 Les types de communication entre les opérateurs du bloc

Nous avons donc commencé nos travaux par une analyse de terrain en filmant des opérations chirurgicales, en analysant les communications entre opérateurs avec une grille de codage inspirée du modèle d'Endsley (1995) et plus spécifiquement des travaux de Hazlehurst et al. (2007) et Parush et al. (2011). Nous avons mis en évidence que les opérateurs de moins de 10 ans d'expérience avaient tendance à rechercher plus d'informations nécessaires à la construction de la représentation occurrente de la situation que leurs collègues plus expérimentés. En revanche, ces derniers émettaient davantage de communications liées à la gestion des processus dans le cadre de l'opération en cours. Ce résultat se confirme chez les chirurgiens et les infirmières circulantes mais s'inverse chez les infirmières instrumentistes. Plus précisément, les opérateurs ayant plus de 10 ans d'expérience ont émis plus de communications liées à la planification que les opérateurs de moins de 10 ans d'expérience (cf. figure 7.1).

Rôle :	Circulante	Chirurgien(e)	Instrumentiste	IADE
Micro-type de communication le plus fréquent :	Interrogation (non significatif : p>.05)	Ordre (significatif : p<.05)	Directive (non significatif : p>.05)	Information (non significatif : p>.05)
Macro-type de communications le plus fréquent :				
-10 ans d'expérience :	Conscience de la situation (significatif : p<.05)	Conscience de la situation (significatif : p<.05)	Gestion des processus (significatif : p<.05)	Conscience de la situation (non significatif : p>.05)
+10 ans d'expérience :	Gestion des processus (significatif : p<.05)	Gestion des processus (significatif : p<.05)	Conscience de la situation (significatif : p<.05)	Gestion des processus (non significatif : p>.05)

Figure 7.1 : Tableau récapitulatif des résultats principaux de l'étude 1

Comme nous l'avons évoqué dans la discussion du chapitre 5, les comportements de chaque corps de métiers peuvent être expliqués par l'analyse de leurs compétences non techniques. Nous retrouvons donc les compétences liées à la transmission de l'information dans l'échelle SPLINTS créée pour évaluer les compétences des IBODE instrumentistes et circulantes. L'indicateur suivant « échange d'informations verbales et non verbales entre l'instrumentiste et le reste de l'équipe » (Mitchell et al., 2013) semble pertinent pour expliquer les résultats obtenus par les instrumentistes. Les activités de planification et d'organisation des outils et consommables nécessaires à l'opération sont des activités fortement liées aux communications relatives à la gestion des processus. Avec l'acquisition d'expérience, ces connaissances une fois intégrées n'ont plus besoin d'être verbalisées.

Nous avons ensuite analysé les canaux de communication préférentiels et identifiés des couples de communicants (cf. figure 7.2). Les chirurgiens sont choisis significativement plus souvent comme interlocuteurs principaux par l'instrumentiste. L'IADE n'est pas choisie significativement par un corps de métiers en particulier ni par un niveau d'expérience. Les circulantes sont choisies significativement plus souvent comme interlocuteurs principaux par les instrumentistes.

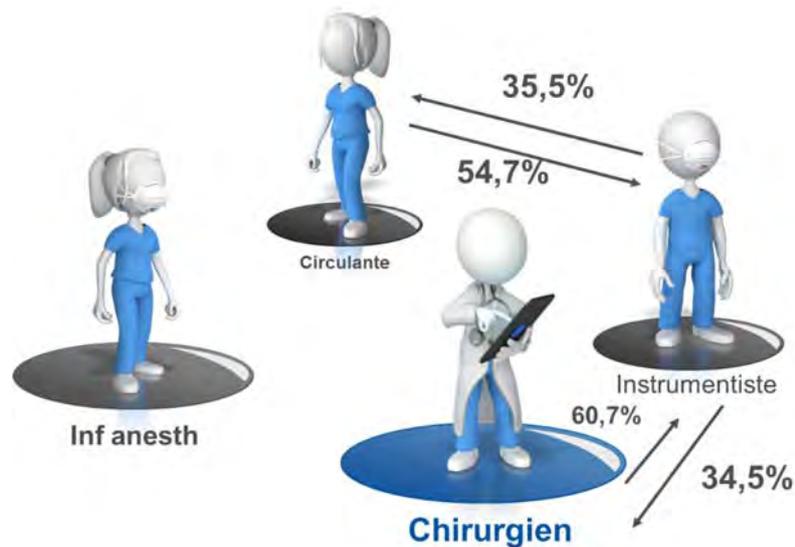


Figure 7.2⁹ : Pourcentages d'émission de communications des principaux opérateurs

L'un des résultats les plus intéressants est l'absence de canal de préférence pour l'opérateur IADE. Pour rappel, les IADE ne sont pas choisies par d'autres corps de métier, ni ne choisissent préférentiellement d'autres corps de métier. Nous avons évoqué dans la discussion du chapitre 5 l'échelle des compétences non techniques pour les IADE (ANTS-AP) en cours d'élaboration (Rutherford, Flin, Hellaby, & Caldwell, 2015) selon laquelle les compétences comme la recherche et le partage d'informations étaient citées par 100% des IADE interviewées, ainsi qu'un rôle de support auprès des autres corps de métiers. Néanmoins toutes les catégories de cette échelle ne sont pas encore validées. Dans leur publication de 2015, les auteurs préviennent qu'ils souhaitent encore poursuivre les tests de leur échelle avant de l'utiliser pour l'évaluation IADE.

7.1.2 Le comportement informationnel des opérateurs en situation dégradée

Les résultats précédents ont été analysés à partir de cas nominaux, nous avons poursuivi nos études à l'aide d'un cas dégradé (étude 2). Nous avons analysé les comportements informationnels des opérateurs du bloc à partir d'un questionnaire de type SAGAT.

⁹ La figure 22 met en avant les opérateurs dont les résultats sont les plus significatifs, mais les résultats présentés prennent également en compte les internes et les médecins anesthésistes.

Au niveau de l'analyse des comportements liés à la conscience de la situation nous avons uniquement repéré des différences au niveau 1 « perception » entre les conditions ambiguë et normale. Les questions d'observations portant sur des informations dégradées, ne concernaient que des éléments logistiques de la salle, les mauvaises réponses données en condition ambiguë ont été construites sur la base de l'expérience des participants (ex : ils répondent 10 compresses là où le nombre n'étaient pas précisé). Les participants ont donc complété les informations à l'aide de leur connaissances antérieures, nous retrouvons cet effet dans la littérature : un individu tentera toujours d'expliquer ou d'interpréter des éléments inconsistants pour les faire rentrer dans son modèle mental (Endsley & Jones, 2004). L'expérience des participants joue donc un rôle dans l'intégration des informations du niveau 1 vers le niveau 2. Elle permet en cas d'incertitude de compléter le schéma de la situation.

Pour rappel, l'analyse du niveau 2 « compréhension » montre que les IADE et les chirurgiens font davantage référence à leur propre rôle qu'à ceux des autres, tandis que les IBODE font autant référence aux actions de l'IADE, à celles du chirurgien, ou qu'à celles des deux IBODE. Nous avons montré que ces résultats étaient cohérents avec l'étude de Makary et al. (2006) sur les mesures d'entente entre opérateurs du bloc. Nous avons également montré à ce niveau que les participants les plus expérimentés fixaient et faisaient plus référence à l'IBODE surtout en situation ambiguë. Nous avons établi que les participants ayant plus de 10 ans d'expérience avaient acquis l'expertise du travail d'équipe, nécessaire à la réduction des risques en situation complexe (Salas, Rosen, Burke, & Goodwin, 2007). Ces résultats sont complémentaires avec ceux de l'étude 1 où les experts formalisaient plus de verbalisations/références liées à la gestion des processus et donc impliquant davantage les autres membres de l'équipe. Nous pouvons observer ici le mécanisme d'aller-retour entre le niveau 1 « perception » et le niveau 2 « compréhension », c'est-à-dire de recherche d'information guidée par la construction du modèle de la situation. Nous retrouvons ce mécanisme dans le modèle de gestion des situations dynamiques (Hoc, 1996) avec les boucles de feedback (cf. chapitre 3). Nous pourrions également évoquer le modèle de Construction-intégration de Kintsch (1998, 2000) où la construction du modèle de situation se fait de manière dynamique en diminuant ou augmentant la probabilité des propositions d'un modèle selon le nombre d'arguments qu'elles partagent avec les autres propositions du modèle. La construction du modèle au niveau 2 « compréhension » vient donc diriger le mécanisme de recherche d'informations et modifier le besoin d'informations en œuvre au niveau 1. Ici encore nous observons une modulation de l'expertise de l'opérateur. Les connaissances antérieures injectées dans le modèle de la situation viennent également modifier la recherche d'information. Au troisième niveau « projection » les résultats ont montré une différence significative liée à l'expertise. Les participants ayant moins de 5 années d'expérience faisaient plus de projections

que leurs pairs ayant plus de 5/10 ans d'expérience. De plus, si tous les participants arrivaient au bon diagnostic, les experts y parvenaient plus vite dans la simulation, plus encore en condition d'incertitude. Nous avons rapproché ces résultats du champ *Naturalistic Decision Making* et du modèle « Recognition Primed Decision – RPD » de Klein (1993). Le mécanisme de « pattern matching » explique effectivement cette accélération de l'élaboration de la représentation de la situation ; l'association des éléments de l'environnement est comparée à une base de connaissances, les connaissances antérieures venant diriger la recherche d'information vers des éléments permettant de faciliter la confirmation du diagnostic (au risque de s'engager dans une mauvaise direction) contrairement aux novices, qui prennent le temps d'envisager toutes les possibilités liées aux symptômes présentés. Cependant, le comportement de pattern matching décrit par le modèle RPD est surtout efficace dans les situations sous pression (Klein, 1993). Dans le cadre d'un support pédagogique il ne faudrait donc pas négliger la gestion de la pression temporelle selon le niveau d'expérience métier des apprenants.

7.1.3 Des leviers pour orienter les comportements informationnels ?

L'objectif de l'étude 3 était d'observer les effets de l'engagement des partenaires et les prises de décisions d'un joueur dans une simulation à travers l'outil de vote. Nous avons évalué l'effet de l'engagement dans l'action des autres protagonistes ainsi que l'anonymat lors de la prise de décision. Nous avons simulé l'engagement du protagoniste virtuel à l'aide d'un système de questions-réponses entre le participant et l'IADE virtuelle, le but commun ayant été défini dans le briefing.

Nous avons observé les effets de l'engagement à travers l'étude des documents et du temps passé sur la scène. Nous avons relié ces deux activités « étude des documents » et « exploration de la scène » à l'activité cognitive d'élaboration d'une représentation occurrente de la situation où la partie « étude des documents » représente la partie « acquisition de l'information » soit le niveau 1 « observation » du modèle d'Ensley (1995). Si nous n'avons pas observé de différence entre les groupes dans l'étude des temps de consultation des documents c'est parce que la phase d'observation et d'acquisition des informations était en fait la même quelle que soit la condition d'engagement. Des différences sont apparues au niveau des temps passés sur la scène et du nombre de retours aux documents. Nous avons associé ces comportements à ceux présents dans le niveau 2 « compréhension » du modèle d'Ensley (1995). Nous avons inféré de ces résultats que l'engagement du partenaire impliquait une volonté d'établir un modèle plus cohérent de la situation afin de pouvoir partager les informations adéquates avec le reste de l'équipe. A travers une prise de décision commune nous voulions forcer le partage d'informations, mais

l'expérience ne permettait pas d'évaluer la représentation de la situation pour chaque protagoniste, or cette conscience de la situation devrait être similaires pour optimiser les performances (Klimoski & Mohammed, 1994 ; Thompson & Finn, 1999 ; Salas, Fiore, & Letsky, 2012).

Nous avons prévu d'étudier les scores obtenus aux questions de diagnostic pour répondre à cette problématique, les résultats obtenus (scores significativement supérieurs pour le groupe « non engagé / non anonyme ») sont contraires aux recherches exposées par Salas et collaborateurs sur l'engagement et la performance à la tâche, selon laquelle l'engagement des partenaires est un facteur important dans la réussite du travail d'équipe (Salas, et al., 1995). Nous en concluons que le but scénaristique était trop simple à atteindre pour être suffisamment discriminant.

7.2 DISCUSSION GENERALE

Cette discussion va nous permettre de mettre en relation les résultats obtenus lors des études précédemment exposées et de les analyser au regard de la littérature que nous avons citée dans la partie théorique. Nous élaborerons notre réflexion sur le rôle de l'information et des comportements informationnels dans les mécanismes de représentation de la situation occurrente et sur la modulation de ces mécanismes par l'expertise métier des opérateurs. Nous ouvrirons les perspectives de ces travaux de thèse sur les projets nécessaires pour intégrer le modèle d'Endsley (1995) au terrain du bloc opératoire. Enfin, nous proposerons d'une part des améliorations pratiques issues de nos études et d'autre part, des perspectives de recherche.

L'un des principaux résultats de l'étude 1 est centré sur la différence de comportement entre chirurgiens expérimentés et novices, ces derniers ayant un besoin informationnel basé sur des informations permettant d'élaborer leur représentation de la situation lors de leur prise de conscience de la situation (au niveau 2 compréhension), ce besoin devient moins perceptible lorsque les chirurgiens gagnent en expérience, du moins lorsque nous l'observons à travers le champ des communications. Pour reprendre l'analyse effectuée dans le chapitre 4, ce besoin semble plus intériorisé. En effet, les résultats du SAGAT obtenus dans l'étude 2, montrent que lors des questions relatives à l'élaboration de représentation de la situation occurrente, les participants ayant plus de 10 ans d'expérience fixent davantage les données liées aux IBODE que les participants ayant moins de 10 ans d'expérience et ce indépendamment du corps de métiers.

Les résultats de l'étude 3 montrent une différence de comportements lors de phases liées à l'élaboration du modèle ainsi qu'à une consultation des informations de l'environnement plus fréquentes lorsque les participants étaient engagés dans l'action.

Nous avons donc ici plusieurs mécanismes liés au comportement informationnel d'un individu influençant la construction de la représentation de la situation. D'une part, l'expertise et les connaissances antérieures permettent de diriger les recherches d'informations une fois les bases du modèle de la situation établies, l'expérience permet donc de préciser ces recherches par association avec des situations connues (Klein, 1998). Ces résultats sont confirmés dans l'étude 2 où les experts favorisent la source d'information IBODE contrairement aux novices.

D'autre part, l'engagement permet de modifier la recherche d'informations. Les participants ne se dirigent pas forcément vers des sources d'informations plus adéquates ou plus précises ; cet effet reste à étudier de façon plus approfondie. Mais ils vérifient significativement plus les sources auxquelles ils ont été confrontés.

Les comportements informationnels constituent donc une part importante dans la construction de la conscience de la situation et agissent au niveau 1 du modèle d'Endsley (1995), tout en étant régulés par le résultat obtenu lors du niveau 2 du modèle. Si ce modèle permet d'établir un diagnostic de la situation et donc d'émettre les projections subséquentes, il va alors influencer les recherches pour permettre de préciser la probabilité des projections. L'expertise, à travers les comportements informationnels, a donc bien un rôle de régulateur entre les niveaux 1 et 2. D'après nos résultats, en situation ambiguë, l'expérience (et donc dans une certaine mesure l'expertise) permet d'élargir les recherches d'informations à des sources qui ne sont pas utilisées en condition normale. Dans l'étude 2, les participants ayant plus de 10 ans d'expérience, par exemple, fixent plus les écrans liés à l'IBODE et y font plus référence. Un opérateur expert pourrait effectuer plus d'aller-retours entre les niveaux 1 et 2 du modèle d'Endsley qu'un novice lorsqu'il est face à une situation qui lui est inconnue, à l'inverse le mécanisme de pattern matching devrait limiter le nombre d'aller-retours entre ces deux niveaux. Chez un novice, le nombre d'aller-retours ne varierait pas quelle que soit la condition de la situation.

A travers nos recherches nous avons montré l'intérêt d'utiliser le levier de l'expertise et l'analyse des communications pour comprendre les mécanismes informationnels en situation dynamique et leur rôle dans l'élaboration de la conscience de la situation. Nous avons également montré le rôle de l'engagement sur ces comportements informationnels il faudrait aller plus loin pour pouvoir étudier leur rôle dans l'élaboration d'une conscience partagée. D'un point de vue méthodologique, nous avons montré que l'oculométrie pouvait permettre d'apporter des compléments importants aux mesures subjectives de la conscience de la situation au moins sur les niveau 1 « observation » et 2 « compréhension ». En effet, nous pouvons mieux observer les

indices qui ont été filtrés entre le passage du niveau 1 au niveau 2, ceux qui ont bien été perçus mais qui ne se retrouvent pas dans les réponses aux questions traitant du niveau 2.

7.3 PERSPECTIVES ET LIMITES

Le modèle d'Endsley (1995) semble pouvoir s'appliquer à de nombreuses situations (contrôle aérien, nucléaire, santé). L'intérêt de ce modèle réside donc dans sa capacité à s'adapter. Nous pensons effectivement qu'il doit être adapté au monde du bloc opératoire. Il serait intéressant dans un second temps de vérifier l'impact des cultures organisationnelles au sein de différents hôpitaux en confrontant ce modèle à diverses situations et cultures.

Nos résultats nous ont porté à analyser les mécanismes liés à la conscience individuelle de la situation, or nous l'avons vu dans les chapitres 1 et 2 le bloc opératoire est un terrain propice au travail d'équipe. Si l'étude de la conscience individuelle de la situation nous semble importante, il reste à étudier les interactions entre les représentations de chaque individu. Des dispositifs vraiment multi-joueurs, tel que le futur serious game 3DVOR, pourraient permettre d'étudier les comportements au bloc opératoire à travers les comportements informationnels. Il serait cependant probablement nécessaire de coupler les traces laissées par les logs du jeu à des mesures objectives comme l'oculométrie (avec un dispositif plus précis que celui que nous avons utilisé, telles que les caméras intégrées à des casques).

Nous avons également vu dans la littérature sur les systèmes dynamiques et complexes que la complexité d'un système était dépendante de la représentation que se fait l'agent de ce système (Rasmussen & Lind, 1981). Dans une prochaine expérience nous pourrions manipuler le degré de complexité d'une situation, c'est-à-dire avec quel niveau de traitement des informations nous souhaiterions que les participants analysent la situation, et vérifier les liens qu'ils sont capables de faire entre les informations proposés dans cette situation. Nous pourrions vérifier l'existence de ces liens en proposant tout d'abord un écran avec toutes les bulles d'information, le participant devrait sélectionner les informations nécessaires à la gestion d'un évènement complexe donné puis ensuite créer des liens entre ces différentes informations. Cela nous donnerait une idée du mécanisme de filtre s'opérant entre le niveau 1 et 2 et le mécanisme de construction de la représentation de la situation occurrente en cours dans le niveau 2. Nous pourrions enfin vérifier l'efficacité d'un tel dispositif dans l'intégration d'un serious game ou autre support de formation. Bien que cette dernière proposition ne soit pas implémentée à l'heure actuelle, 3DVOR propose déjà certains mécanismes de jeux permettant de tester les comportements informationnels des joueurs. La partie suivante décrit les mécanismes présents dans le prototype du jeu.

7.4 3DVOR UN SERIOUS GAME BASÉ SUR LES MECANISMES INFORMATIONNELS

Dans cette dernière partie nous allons revenir sur le serious game 3DVOR et la façon dont son design prend en compte la gestion de l'information. Nous présenterons les mécanismes inscrits dans ce design dont nous avons souhaité étudier les effets dans nos travaux de recherche.

L'un des mécanismes principaux du jeu est basé sur la recherche et le partage d'informations par un gameplay de type « point & click », c'est-à-dire un jeu utilisant un curseur comme principal outil d'interaction avec l'environnement virtuel (Lejade & Triclot, 2013), l'interface utilisateur graphique étant optimisé pour un contrôle à la souris. Ici nous utilisons la définition du gameplay axé uniquement sur la notion de gamefulness, soit l'ensemble des règles régissant le contrôle de l'avatar dans le monde virtuel (Deterting, Dixon, Khaled, & Nackte, 2011). Les joueurs doivent résoudre des situations cliniques en s'aidant de bulles d'informations (ces bulles correspondent aux messages émis par les acteurs du bloc) qu'ils doivent dans un premier temps collecter puis combiner pour pouvoir formuler des diagnostics. Certains diagnostics ne pouvant être établis par un seul personnage, les protagonistes doivent échanger leurs informations. Si deux informations permettent d'en inférer une troisième, le jeu génère automatiquement cette troisième information. Chaque scénario commence par une phase de briefing décrivant la situation clinique, la recherche d'informations est donc orientée dès le départ et le scénario ne peut être joué sans un minimum de connaissances préalables. 3DVOR porte donc sur le développement des compétences non techniques, sur lesquelles nous reviendrons plus loin dans ce chapitre, mais il ne peut se permettre de faire abstraction des compétences techniques des joueurs. En effet, si ces dernières sont principalement considérées comme des prérequis aux sessions de jeux, certaines activités individuelles proposeront de les mettre en œuvre pour des besoins de cohérences scénaristiques.

Les modalités d'actions directes concernant les communications lorsque les joueurs sont plongés dans l'environnement 3D sont les suivantes. Le joueur peut effectuer :

- Une requête d'une information détenue par un autre acteur
- L'acquisition d'une information sur un document/équipement/acteur
- Une transmission d'information à un autre acteur
- Une transmission d'information à plusieurs acteurs
- Une transmission d'information à un document/objet
- Une requête d'une action à un autre acteur (peux-tu faire ?)
- Une requête de l'état d'une action à un acteur (as-tu fait ?)

- Une transmission d'information sur l'état d'une action à un acteur (je suis en train de faire...)
- Une transmission d'information sur l'état d'une action à plusieurs acteurs
- une interjection à un autre acteur (ce n'est pas à moi de faire...)
- une réponse à un autre acteur

Le joueur stocke ces informations dans un module de mémoire virtuelle et peut les manipuler par glisser-déposer sur les éléments interactifs de l'environnement. L'affichage étant limité (représentant les capacités de la mémoire de travail), le joueur peut soit faire défiler le module de mémoire virtuelle avec la souris (chercher en mémoire à long terme) soit repartir à la recherche de l'information dans l'environnement (oubli et vérification d'information).

Les informations transitant entre différents joueurs dans l'environnement sont répertoriées dans un second module de l'interface. Les données présentes dans ce module s'effacent avec le temps, le joueur peut venir les récupérer et les ajouter à sa mémoire virtuelle seulement s'il est attentif ; ce mécanisme simule l'écoute passive des conversations.

Deux autres des mécanismes piliers de 3DVOR, l'annonce de plan d'action et les échanges opérés lors d'une prise de décision collaborative repose sur des gameplay différents. Ces derniers reposent sur une conception plus élaborée des communications et sur la co-construction de la signification du message entre les émetteurs et les receveurs (Keyton & Beck, 2010, Keyton, Beck, & Asbury, 2010, Keyton et al., 2013)

La figure 7.3 montre le système de vote argumenté mis en place dans 3DVOR. Ce mécanisme repose donc sur les théories de besoin et de partage de l'information (Case, 2002, 2007 ; Le Coadic, 2007 ; Spink, 2010). Plus largement, il repose sur les comportements cognitifs liés à

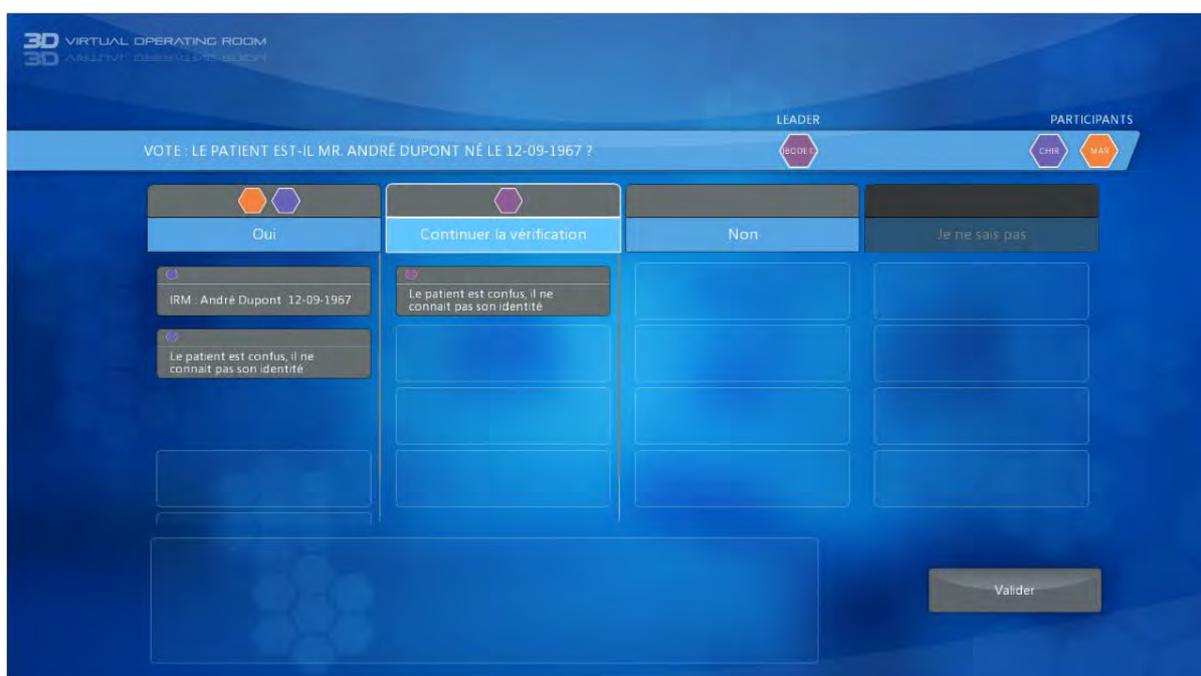


Figure 7.3 : Écran de vote de 3DVOR ©, KTM Advance

l'information et permettant l'établissement d'une représentation de la situation et d'une prise de conscience collective de la situation. Ces prises de décisions nécessitent d'avoir obtenu suffisamment d'informations dans l'environnement et de les avoir partagées à bon escient pour formuler les bons diagnostics. Si cette partie est automatisée par le scénario leur compréhension et leur intégration dans le modèle de situation du joueur repose tout de même sur les connaissances techniques de ces derniers.

Pour conclure ce manuscrit, nos travaux nous ont permis de dégager certains mécanismes liés aux comportements informationnels en jeu lors de la prise de conscience de la situation tel que le rôle de l'expertise dans la correspondance entre les deux premiers niveaux du modèle d'Endsley (1995). Nous souhaiterions étendre nos recherches à travers l'utilisation de dispositifs tel que 3DVOR permettant l'utilisation de situations dégradées et/ou ambiguës pour approfondir l'étude de ces mécanismes informationnels et de faire le parallèle avec des études de cas en situations réelles.

RÉFÉRENCES

- Alinier, G. (2011). Developing High-Fidelity Health Care Simulation Scenarios: A Guide for Educators and Professionals. *Simulation & Gaming*, 42(1), 9–26.
- Alvarez, J., & Djaouti, D. (2010). *Introduction au serious game*. Questions théoriques.
- Amalberti, R. (2013). Gestion des risques et facteurs humains – Rôle de la simulation. In R. Amalberti, S. Boet, G. Savoldelli, & J.-C. Granry (Eds.), *La simulation en santé: De la théorie à la pratique* (1st ed., pp. 3–14). Paris, France: Springer-Verlag.
- Amalberti, R., Boet, S., Savoldelli, G., & Granry, J.-C. (Eds.). (2013). *La simulation en santé: De la théorie à la pratique*. Paris, France: Springer-Verlag.
- Anceaux, F., Thuilliez, H., & Beuscart-Zéphir, M.-C. (2001). Gestion de la prise d'informations pour la planification en situation dynamique : l'anesthésie. In *Epique 2001* (pp. 71–82).
- Artman, H. (2000). Team situation assessment and information distribution. *Ergonomics*, 43(8), 1111–1128.
- Asgari, M., & Kaufman, D. (2010). Does Fantasy Enhance Learning in Digital Games? In D. Kaufman & L. Sauvé (Eds.), *Educational Gameplay and Simulation Environments: Case Studies and Lessons Learned* (1st ed., pp. 84–95). Hershey PA: IGI Global.
- Baker, D., Salas, E., King, H., Battles, J., & Barach, P. (2005). Teamwork and Communication. The role of teamwork in the professional education of physicians: current status and assessment recommendations. *Journal of Quality and Patient Safety*, 31(4), 185–202.
- Barach, P. R., & Cosman, P. H. (2015). Teams, Team Training, and the Role of Simulation. In Springer-Verlag (Ed.), *Pediatric and Congenital Cardiac Care: Volume 2: Quality Improvement and Patient Safety* (1st ed., pp. 69–90). London.
- Barach, P., Satish, U., & Streufert, S. (2001). Healthcare assessment and performance: Using simulation. *Simulation & Gaming*, 32(2), 164–174.
- Bartlett, F. C. (1995). *Remembering: A Study in Experimental and Social Psychology*. Cambridge University Press.
- Bertalanffy, L. Von. (1968). *General System Theory* (1st ed.). New York: George Braziller, Inc.
- Bisseret, A. (1995). *Représentation et décision experte: psychologie cognitive de la décision chez les aiguilleurs du ciel*. Octares éd.
- Blavier, A., & Nyssen, A.-S. (2010). Étude De L'Impact Des Nouvelles Technologies Sur Les Modes De Coopération Des Chirurgiens Par L'Analyse Des Communications Sur Le Terrain. *Le Travail Humain*, 73(2), 123.

- Bolman, L. (1979). Aviation Accidents and the "Theory of the Situation." In G. E. Cooper, M. D. White, & J. K. Lauber (Eds.), *Resource Management on the Flight Deck* (pp. 31–58). San Francisco: NASA Conference Publication 2120.
- Brehmer, B. (1992). Dynamic decision making: human control of complex systems. *Acta Psychologica*, *81*, 211–241.
- Brehmer, B., & Allard, R. (1991). Real-time dynamic decision making: Effects of task complexity and feedback delays. In J. Rasmussen, B. Brehmer, & J. Leplat (Eds.), *Distributed decision making: Cognitive models for cooperative work*. Chichester: Wiley.
- 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*(2-3), 171–184.
- Buckland, M. K. (1991). Information as thing. *Journal of the American Society for Information Science*, *42*(5), 351–360.
- Cannon-Bowers, J. a., & Salas, E. (2001). Reflexion on shared cognition. *Journal of Organizational Behavior*, *22*(2), 195–202.
- Cannon-Bowers, J. a., Salas, E., & Converse, S. A. (1993). Shared mental models in expert team decision making. In N. J. Castellan Jr. (Ed.), *Individual and group decision making: Current issues* (pp. 221–246). Hillsdale, NJ, England: Lawrence Erlbaum Associates.
- Carayon, P. (2012). Human Factors and Ergonomics in Health Care and Patient Safety. In P. Carayon (Ed.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics in Health Care and Patient Safety* (2nd ed., pp. 7–16). Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group.
- Carayon, P., Alvarado, C. J., & Schoofs Hundt, A. (2012). Work System Design in Health Care. In P. Carayon (Ed.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics in Health Care and Patient Safety* (2nd ed.). Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group.
- Carayon, P., Schoofs Hundt, A., Karsh, B.-T., Gurses, a P., Alvarado, C. J., Smith, M., & Flatley Brennan, P. (2006). Work system design for patient safety: the SEIPS model. *Quality & Safety in Health Care*, *15 Suppl 1*, i50–i58. <http://doi.org/10.1136/qshc.2005.015842>
- Carthey, J., & Clarke, J. (2009). *The "How to Guide" for implementing Human Factors in Healthcare*.
- Cegarra, J. (2012). *De la gestion de la complexité à son assistance : Contributions en psychologie ergonomique*. Université Toulouse II - Le Mirail.
- Chabaud, C., & De Terssac, G. (1990). Référentiel opératif commun et fiabilité. In J. Leplat & G. De Terssac (Eds.), *Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes* (1st ed., pp. 111–139). Octarès Editions.
- Chalandon, X. (2003). Situation Awareness en conception système. In *Epique 2003* (pp. 55–108).
- Chalandon, X. (2007). *Conscience de la situation : invariants internes et invariants externes*. CNAM.

- Chan, W. Y., Qin, J., Chui, Y. P., & Heng, P. A. (2012). A serious game for learning ultrasound-guided needle placement skills. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 16(6), 1032–1042.
- Connant, R. C., & Ashby, W. R. (1970). Every Good Regulator of a System Must Be a Model. *Systems Science*, 1(2), 89–97.
- Cooke, N. J., Gorman, J. C., & Kiekel, P. A. (2008). Communication as team-level cognitive processing. In M. P. Letsky, N. P. Warner, S. M. Fiore, & C. A. P. Smith (Eds.), *Macro cognition in teams: Theories and methodologies* (1st ed., pp. 51–64). Burlington: Ashgate Pub Ltd.
- Cooper, S., Kinsman, L., Buykx, P., McConnell-Henry, T., Endacott, R., & Scholes, J. (2010). Managing the deteriorating patient in a simulated environment: Nursing students' knowledge, skill and situation awareness. *Journal of Clinical Nursing*, 19, 2309–2318.
- Cowan, B., Sabri, H., Kapralos, B., Cristancho, S., Moussa, F., & Dubrowski, a. (2002). SCETF: Serious Game Surgical Cognitive Education and Training Framework. *Safety Science*, 40, 557–558.
- Cowan, B., Sabri, H., Kapralos, B., Moussa, F., Cristancho, S., & Dubrowski, A. (2011). A serious game for off-pump coronary artery bypass surgery procedure training. *Studies in Health Technology and Informatics*, 163(September 2015), 147–9. <http://doi.org/10.3233/978-1-60750-706-2-147>
- De Freitas, S. (2008a). Emerging trends in serious games and virtual worlds. *Emerging Technologies for Learning*, 3(March), 58–72.
- De Freitas, S. (2008b). *Serious Virtual Worlds. A scoping study. JISC e-Learning Programme*.
- De Paolis, L. T. (2012). Serious Game for Laparoscopic Suturing Training. *2012 Sixth International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems*, 481–485.
- Deterding, S., Khaled, R., Nacke, L., & Dixon, D. (2011). Gamification: toward a definition. *Chi 2011*, 12–15.
- Dieckmann, P., Friis, S. M., Lippert, A., & Ostergaard, D. (2012). Goals, Success Factors, and Barriers for Simulation-Based Learning: A Qualitative Interview Study in Health Care. *Simulation & Gaming*, 43(5), 627–647.
- Dinet, J. (2012). Introduction. *Les Cahiers Du Numérique*, 8(1-2), 9–14.
- DRESS: Les événements indésirables graves dans les établissements de santé: fréquence, évitabilité et acceptabilité.* (2011). Paris.
- Dreyfus, S. E., & Dreyfus, H. L. (1980). *A five-stage model of the mental activities involved in directed skill acquisition*. Berkley, California.
- Dunn, W., Deutsch, E., Maxworthy, J., Gallo, K., Dong, Y., Manos, J., ... Brazil, V. (2013). System Integration. In A. I. Levine, S. DeMaria, A. D. Schwartz, & A. J. Sim (Eds.), *The Comprehensive Textbook of Healthcare Simulation*. Springer.

- Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37(1), 32–64.
- Endsley, M. R. (2015). Final Reflections: Situation Awareness Models and Measures. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 9(1), 101–111.
- Endsley, M. R., & Garland, D. J. (2000). *Situation Awareness Analysis and Measurement* (1st ed.). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Endsley, M. R., & Jones, D. G. (2011). *Designing for Situation Awareness* (2nd ed.). Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group.
- Endsley, M. R., & Jones, W. M. (1997). *Situation Awareness Information Dominance & Information Warefare*. Marietta GA.
- Endsley, M. R., & M. Robertson, M. (2000). Situation awareness in aircraft maintenance teams. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26, 301–325.
- ENEIS : *Les événements indésirables graves associés aux soins observés dans les établissements de santé*. (2009). Paris, France.
- Faure, G. (2014). *Culture de sécurité en péri-opératoire: Evaluation interprofessionnelle via un test de concordance de script*. Université Paul Sabatier.
- Fenouillet, F., Kaplan, J., & Yennek, N. (2009). *Serious games et motivation*. Atelier Jeux sérieux, Conférence EIAH, Le Mans. Le Mans.
- Fidel, R. (2012a). *Human Information Interaction: An Ecological Approach to Information Behavior*. London: The MIT Press.
- Fidel, R. (2012b). Information Need and the Decision Ladder. In *Human Information Interaction: An Ecological Approach to Information Behavior* (1st ed., pp. 83–97). London: The MIT Press.
- Fisher, M., & Scott, M. (2013). *Patient Safety and Managing Risk in Nursing*. SAGE Publications.
- Fletcher, G., Flin, R., & McGeorge, P. (2003a). *Interview Study to Identify Anaesthetists' Non-Technical Skills*. Aberdeen.
- Fletcher, G., Flin, R., & McGeorge, P. (2003b). *The identification of Anaesthetists' Non-Technical Skills V1.2*. Aberdeen.
- Flin, R. (2013). *Non-technical skills for anaesthetists, surgeons and scrub practitioners (ANTS, NOTSS and SPLINTS)*.
- Flin, R., Glavin, R., Maran, N., & Patey, R. (2003). *Framework for Observing and Rating Anaesthetists' Non-Technical Skills - ANTS System Handbook V1.0*. Aberdeen: University of Aberdeen.
- Flin, R., & Maran, N. (2015). Basic concepts for Crew Resource Management and Non-Technical Skills. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*.

- Flin, R., & Mitchell, L. (2009). *Safer Surgery* (1st ed.). Farnham: Ashgate Pub Ltd.
- Flin, R., O'Connor, P., & Crichton, M. (2008). *Safety at the Sharp End* (1st ed.). Burlington: Ashgate.
- Flin, R., Yule, S., Rowley, D., Paterson-Brown, S., & Maran, N. (2006). *The Non-Technical Skills for Surgeons (NOTSS) System Handbook v1.2*. University of Aberdeen.
- 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 & Gaming*, 32(2), 175–193.
- Gaba, D. M., Howard, S. K., & Small, S. D. (1995). Situation awareness in anesthesiology. *Human Factors*, 37(1), 20–31.
- Gilson, R. D. (1995). Special Issue Preface. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 37(1), 3–4.
- Gluyas, H., & Morrison, P. (2013). *Patient Safety: An Essential Guide*. Palgrave Macmillan. Retrieved from <https://books.google.fr/books?id=xZb7AwAAQBAJ>
- Graafland, M., Schraagen, J. M. C., Boermeester, M. a., Bemelman, W. a., & Schijven, M. P. (2015). Training situational awareness to reduce surgical errors in the operating room. *British Journal of Surgery*, 102, 16–23. <http://doi.org/10.1002/bjs.9643>
- Greenberg, C. C., Regenbogen, S. E., Studdert, D. M., Lipsitz, S. R., Rogers, S. O., Zinner, M. J., & Gawande, A. a. (2007). Patterns of Communication Breakdowns Resulting in Injury to Surgical Patients. *Journal of the American College of Surgeons*, 204(4), 533–540.
- Harmer, M. (2005). The Case of Elaine Bromiley, 1–18.
- Hartman, B. O., & Secrist, G. E. (1991). Situational awareness is more than exceptional vision. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 62, 1084–9.
- HAS: La sécurité des patients: Mettre en œuvre la gestion des risques associés aux soins en établissement de santé. Des concepts à la pratique.* (2012). Paris.
- Hazlehurst, B., McMullen, C. K., & Gorman, P. N. (2007). Distributed cognition in the heart room: How situation awareness arises from coordinated communications during cardiac surgery. *Journal of Biomedical Informatics*, 40, 539–551.
- Heinrichs, W. L., Davies, D., & Davies, J. (2012). Virtual Worlds in Healthcare: Applications and Implications. In S. Arnab, I. Dunwell, & K. Debattista (Eds.), *Serious Games for Healthcare: Applications and Implications* (1st ed.). IGI Global.
- Henrickson Parker, S., Yule, S., Flin, R., & McKinley, A. (2012). Surgeons' leadership in the operating room: An observational study. *American Journal of Surgery*, 204(3), 347–354.
- Henry, S., & Hay, L. (1994). Beyond the Bibliographic Paradigm: User Education in the Information Age. In *60th IFLA General Conference* (p. August 21–27). Boston.

- Hoc, J.-M. (1996). *Supervision et contrôle de processus : La cognition en situation dynamique* (1st ed.). Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble.
- Hoc, J.-M., & Amalberti, R. (1994). Diagnostic et prise de décision dans les situations dynamiques. *Psychologie Française*, 39(2), 177–192.
- Hoc, J.-M., & Amalberti, R. (1999). Analyse des activités cognitives en situation dynamique - d'un cadre théorique à une méthode. *Le Travail Humain*, 62(2), 97–129.
- Hoc, J.-M., & Amalberti, R. (2003). Adaptation et contrôle cognitif: supervision de situations dynamiques complexes. *Epique'2003*, 1, 135–147.
- Hoc, J.-M., & Lemoine, M.-P. (1998). Cognitive evaluation of human-human and human-machine cooperation modes in air traffic control. *The International Journal of Aviation Psychology*, 8(1), 1–32.
- Hollnagel, E. (2014). *Safety-I and Safety-II*. Burlington, VT: Ashgate.
- Insight into Preventing Wrong-Site Surgery. (2007). *PA-PSRS Patient Safety Advisory*, 4(4).
- JCAHO: *Improving America's Hospitals*. (2008).
- Jones, D. G., & Endsley, M. R. (2004). Use of real-time probes for measuring situation awareness. *Int. J. Aviat. Psychol.*, 14(4), 343–367.
- Kaber, D. B., & Endsley, M. R. (1998). Team situation awareness for process control safety and performance. *Process Safety Progress*, 17(1), 43–48.
- Kaufman, D. (2010). Simulation in Health Professional Education. In D. Kaufman & L. Sauvé (Eds.), *Educational Gameplay and Simulation Environments: Case Studies and Lessons Learned* (1st ed., pp. 51–67). Hershey PA: IGI Global.
- Kaufman, D., & Sauvé, L. (Eds.). (2010). *Educational Gameplay and Simulation Environments: Case studies and lessons learned*. Hershey, PA: IGI-Global.
- Keyton, J., & Beck, S. J. (2010). Perspective: examining communication as macrocognition in STS. *Human Factors*, 52(2), 335–339.
- Keyton, J., Beck, S. J., & Asbury, M. B. (2010). Macrocognition: a communication perspective. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 11(917810108), 272–286.
- Keyton, J., Caputo, J. M., Ford, E. A., Fu, R., Leibowitz, S. a, Liu, T., ... Wu, C. (2013). Investigating Verbal Workplace Communication Behaviors. *Journal of Business Communication*, 50, 152–169.
- King, H. B., Battles, J. B., Baker, D. P., Alonso, a, Salas, E., Webster, J., ... Grady, M. L. (2008). TeamSTEPPS: Team Strategies and Tools to Enhance Performance and Patient Safety Advances in Patient Safety: New Directions and Alternative Approaches (Vol. 3: Performance and Tools). *TeamSTEPPSTM: Team Strategies and Tools to Enhance Performance and Patient Safety*, 5–20.

- Kintsch, W. (2000). Metaphor comprehension: A computational theory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 7(2), 257–266.
- Kintsch, W., & Welsch, D. M. (1991). The construction-integration model: a framework for studying memory for text. In W. E. Hockley & S. Lewandowsky (Eds.), *Relating Theory and Data: Essays on Human Memory in Honor of Bennet B. Murdock* (pp. 367–386). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Klein, G. (1993). A Recognition-Primed Decision (RDP) Model of Rapid Decision Making. In G. Klein, J. Orasanu, R. Calderwood, & C. E. Zsombok (Eds.), *Decision Making in Action: Models and Methods* (pp. 138–147). Norwood, New Jersey: Ablex Publishing.
- Klein, G. (1998). *Sources of Power: How People Make Decisions*. MIT Press. Retrieved from
- Klein, G. (2008). Naturalistic Decision Making. *Human Factors*, 50(3), 456–460.
- Klimoski, R., & Mohammed, S. (1994). Team Mental Model: Construct or Metaphor? *Journal of Management*, 20(2), 403–437.
- Kluge, A. (2014). *The Acquisition of Knowledge and Skills for Taskwork and Teamwork to Control Complex Technical Systems: A Cognitive and Macroergonomics Perspective*. Springer London, Limited.
- Kohn, L. T., Corrigan, J. M., & Molla, S. (1999). *To Err Is Human*.
- Le Coadic, Y.-F. (1998). *Le besoin d'information: formulation, négociation, diagnostic* (1st ed.). Paris, France: ADBS éditions.
- Le Coadic, Y.-F. (2004). *La science de l'information* (3rd ed.). Paris, France: Presses Universitaires de France.
- Le Coadic, Y.-F. (2007a). *Le besoin d'information: Formulation, négociation, diagnostic* (1st ed.). Paris, France: ADBS éditions.
- Le Coadic, Y.-F. (2007b). *Le besoin d'information: formulation, négociation, diagnostic* (2nd ed.). Paris, France: ADBS éditions.
- Leape, L. L., & Berwick, D. M. (2005). Five Years After To Err Is Human. *Jama*, 293(19), 2384.
- Leckie, G. J., Pettigrew, K. E., & Sylvain, C. (1996). Modeling the Information Seeking of Professionals: A General Model Derived from Research on Engineers, Health Care Professionals, and Lawyers. *The Library Quarterly: Information, Community, Policy*, 66(2), 161–193.
- Lejade, O., & Tricot, M. (Eds.). (2013). *La fabrique des jeux vidéo : au coeur du gameplay* (1st ed.). Paris, France: Editions de la Martinière.
- Lelardeux, C., Alvarez, J., Montaut, T., Galaup, M., & Lagarrigue, P. (2012). Healthcare Games and the Metaphoric Approach. In S. Arnab, I. Dunwell, & K. Debattista (Eds.), *Serious Games for Healthcare: Applications and Implications* (1st ed.). IGI Global.
- Leplat, J. (1985). Les représentations fonctionnelles dans le travail. In J. Leplat (Ed.), *L'analyse du travail en psychologie ergonomique (Tome I)* (1st ed.). Toulouse, France: Octarès Editions.

- Leplat, J. (2015). Quelques Aspects de la complexité en ergonomie. In F. Daniellou (Ed.), *L'ergonomie en quête de ses principes* (2nd ed., pp. 51–68). Toulouse, France: Octarès Editions.
- Lerrmite, E., & Pessaux, P. (2013). Simulation en chirurgie laparoscopique. In S. Boet, G. Savoldelli, & J.-C. Granry (Eds.), *La simulation en santé: De la théorie à la pratique* (1st ed., pp. 91–98). Paris, France: Springer-Verlag.
- Leveson, N. G. (2011). Applying systems thinking to analyze and learn from events. *Safety Science*, 49(1), 55–64.
- Lipshitz, R., Omodei, M., McClellan, J., & Wearing, A. (2007). What's Burning? The RAWFS Heuristic on the Fire Ground. In R. R. Hoffman (Ed.), *Expertise out of context: Proceedings of the Sixth International Conference on Naturalistic Decision Making* (1st ed., pp. 97–112). New York, NY: Taylor & Francis.
- Loiselet, A., & Hoc, J.-M. (2001). La gestion des interférences et du référentiel commun dans la coopération: implications pour la conception. *Psychologie Française*, 46(2), 167–179.
- Luce, R. D., & Raiffa, H. (1957). *Games and decisions: Introduction and critical survey*.
- Makary, M. a, Sexton, J. B., Freischlag, J. a, Holzmueller, C. G., Millman, E. A., Rowen, L., & Pronovost, P. J. (2006). Operating room teamwork among physicians and nurses: teamwork in the eye of the beholder. *Journal of the American College of Surgeons*, 202(5), 746–52.
- Malone, T. W. (1981). Toward a Theory of Intrinsically Motivating Instruction *. *Cognitive Science: A Multidisciplinary Journal*, 5(4), 333–369.
- Malone, T. W., & Lepper, M. R. (1987). Making learning fun: A taxonomy of intrinsic motivations for learning. *Aptitude Learning and Instruction*, 3(3), 223–253.
- Marchionini, G. (1995). *Information Seeking in Electronic Environments* (1st ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mccloskey, M. J. (1996). An analysis of uncertainty in the Marine Corps. In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 40th Annual Meeting (pp. 194–198). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- McDonald, C. L. (2010). Avatars and Diagnosis: Delivering Medical Curricula in Virtual Space. In J. a. Cannon-Bowers & C. Bowers (Eds.), *Serious Game Design and Development: Technologies for Training and Learning* (1st ed., pp. 233–245). Hershey PA: IGI Global.
- McIlvaine, W. B. (2007). Situational awareness in the operating room: a primer for the anesthesiologist. *Seminars in Anesthesia, Perioperative Medicine and Pain*, 26(3), 167–172.
- Mitchell, L., & Flin, R. (2009). *Scrub Practitioners' List of Intra-Operative Non-Technical Skills – SPLINTS m*.
- Mitchell, L., Flin, R., Yule, S., Mitchell, J., Coutts, K., & Youngson, G. (2012). Evaluation of the Scrub Practitioners' List of Intraoperative Non-Technical Skills (SPLINTS) system. *International Journal of Nursing Studies*, 49(2), 201–211.
- Mitchell, L., Flin, R., Yule, S., Mitchell, J., Coutts, K., & Youngson, G. (2013a). Development of a behavioral marker system for scrub practitioners' non-technical skills (SPLINTS system). *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 19(2), 317–23.

- Mitchell, L., Flin, R., Yule, S., Mitchell, J., Coutts, K., & Youngson, G. (2013b). Development of a behavioural marker system for scrub practitioners' non-technical skills (SPLINTS system). *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 19(2), 317–323.
- Mosser, G., & Begun, J. W. (2014). *Understanding Teamwork in Health Care* (1st ed.). China: McGraw-Hill Education.
- Neisser, U. (1976). *Cognition and Reality: Principles and Implications of Cognitive Psychology*. W. H. Freeman.
- O' Case, D. (2002). *Looking for Information: A Survey of Research on Information Seeking, Needs, and Behavior* (1st ed.). London: Elsevier Ltd.
- O' Case, D. (2007). *Looking for Information: A Survey of Research on Information Seeking, Needs, and Behavior* (2nd ed.). London: Elsevier Ltd.
- Parker, S. H., & Perry, S. J. (2015). Matching Cognitive Aids and the “Real Work” of Health Care in Support of Surgical Microsystem Teamwork. In A. M. Bisantz, C. M. Burns, & R. J. Fairbanks (Eds.), *Cognitive Systems Engineering in Health Care* (1st ed.). Boca Raton, FL: CRC Press LLC.
- Parush, A. (2015). Displays for Health Care Teams: A Conceptual Framework and Design Methodology. In A. M. Bisantz, C. M. Burns, & R. J. Fairbanks (Eds.), *Cognitive Systems Engineering in Health Care* (1st ed.). Boca Raton, FL: CRC Press LLC.
- Parush, A., Kramer, C., Foster-Hunt, T., McMullan, A., & Momtahan, K. (2014). Exploring similarities and differences in teamwork across diverse healthcare contexts using communication analysis. *Cognition, Technology & Work*, 16(1), 47–57.
- 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 Biomedical Informatics*, 44(3), 477–85.
- Patrick, J., James, N., & Ahmed, A. (2007). Awareness of control room teams. *Le Travail Humain*, 70(1), 67–94.
- Pelletier, C., & Kneebone, R. (2015). Playful Simulations Rather Than Serious Games: Medical Simulation as a Cultural Practice. *Games and Culture*, 1–25.
- Perrow, C. (1984). *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies* (1st ed.). Basic Books.
- Plasters, C. L., Seagull, F. J., & Xiao, Y. (2003). Coordination challenges in operating-room management: an in-depth field study. *Amia*, 524–528.
- Qin, J., Chui, Y. P., Pang, W. M., Choi, K. S., & Heng, P. A. (2010). Learning blood management in orthopedic surgery through gameplay. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 30, 45–57.
- Qudrat-Ullah, H. (2015). *Better Decision Making in Complex, Dynamic Tasks: Training with Human-Facilitated Interactive Learning Environments*. Springer International Publishing.

- Raiche, I. (2013). Simulation par modèles et réalité virtuelle des gestes techniques. In R. Amalberti, S. Boet, G. Savoldelli, & J.-C. Granry (Eds.), *La simulation en santé: De la théorie à la pratique* (1st ed., pp. 33–42). Paris, France: Springer-Verlag.
- Rapoport, A., Wendt, D., & Cvlek, C. (1975). Research paradigms for studying dynamic decision making behavior. In *Utility, probability, and decision making* (pp. 349–369). Dordrecht, Holland: D. Reidel.
- Rasmussen, J. (1986). *Information processing and human-machine interaction* (1st ed.). Amsterdam: Publishing, Elsevier Science.
- Rasmussen, J. (1997). Risk management in a dynamic society: a modelling problem. *Safety Science*, 27(2-3), 183–213.
- Rasmussen, J., & Lind, M. (1981). *Coping with complexity*. Roskilde, Denmark.
- Reason, J. (1988). Framework Models of human Performance and Error: A consumer guide. In L. P. Goodstein, H. B. Andersen, & S. E. Olsen (Eds.), *Tasks, Errors and Mental Models* (1st ed., pp. 35–49). Basingstoke, Hampshire: Taylor & Francis Group.
- Reason, J. (1990). *Human Error* (1st ed.). New York: Cambridge University Press.
- Reason, J. (2013). *A Life in Error* (1st ed.). Farnham: Ashgate Pub Ltd.
- Reddy, M. C., & Jansen, B. J. (2008). A model for understanding collaborative information behavior in context: A study of two healthcare teams. *Information Processing and Management*, 44, 256–273.
- Reddy, M. C., Jansen, B. J., & Spence, P. R. (2010). Collaborative Information Behavior: Exploring Collaboration and Coordination during Information Seeking and Retrieval Activities. *Collaborative Information Behavior: User Engagement and Communication Sharing*, 73–88.
- Reich, D., & Stark, R. (2014). “To See or Not to See?” How Do Eye Movements Change Within Immersive Driving Environments. In Adjunct Proceedings of the 6th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (pp. 1–6). New York, NY, USA: ACM.
- Ricciardi, F., & Tommaso De Paolis, L. (2014). Comprehensive Review of Serious Games in Health Professions. *International Journal of Computer Games Technology*, vol. 2014.
- Rosen, K. (2013). The History of Simulation. In A. I. Levine, S. DeMaria, A. D. Schwartz, & A. J. Sim (Eds.), *The Comprehensive Textbook of Healthcare Simulation* (1st ed., pp. 5–50). New York: Springer.
- Rutherford, J., Flin, R., Hellaby, M., & Caldwell, D. (2015). Testing the reliability, validity and usability of the prototype Anaesthetic Non-Technical Skills-Anaesthetic Practitioner (ANTS-AP) behaviour rating system. *ANAESTHESIA*, 70, 32.
- Salas, E., Dickinson, T. L., Converse, S. A., & Tannenbaum, S. I. (1992). Toward an understanding of team performance and training. Teams: Their training and performance. In Swezey R. W. & Salas E. (Eds.), *Teams: Their Training and Performance*, NJ: Ablex, pp.3-29. Sandstorm E, De Meuse KP, Futrell D.,(1990) " Work Terms: Applications and Effectiveness" *American Psychologist*.;45(2):120-33.
- Salas, E., Fiore, S. M., & Letsky, M. P. (Eds.). (2012). *Theories of Team Cognition: Cross-Disciplinary Perspectives (Applied Psychology Series)* (1st ed.). New York: Routledge.

- Salas, E., & Klein, G. (Eds.). (2001). *Linking Expertise and Naturalistic Decision Making* (1st ed.). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Salas, E., Prince, C., Baker, D. P., & Shrestha, L. (1995). Situation Awareness in team performance: Implications for Measurement and Training. *Human Factors*, 37(1), 123–136.
- Salas, E., Rosen, M. a., Burke, C. S., & Goodwin, G. F. (2009). The Wisdom of Collectives in Organizations: An Update of the Teamwork Competencies. In E. Salas, C. S. Burke, & G. F. Goodwin (Eds.), *Team Effectiveness in Complex Organizations: Cross-Disciplinary Perspectives and Approaches* (1st ed., pp. 39–82). New York, NY: Taylor & Francis.
- Salmon, P. M., Stanton, N. A., Walker, G. H., & Jenkins, D. P. (Eds.). (2009). *Distributed Situation Awareness: Theory, Measurement and application to Teamwork* (1st ed.). Hampshire: Ashgate Pub Ltd.
- Sanderson, P. M., & Harwood, K. (1988). The skills, Rules and Knowledge Classification: a discussion of its emergence and nature. In L. P. Goodstein, H. B. Andersen, & S. E. Olsen (Eds.), *Tasks, Errors and Mental Models* (1st ed., pp. 21–34). Basingstoke, Hampshire: Taylor & Francis Group.
- Sarter, N. B., & Woods, D. D. (1991). Situation awareness - A critical but ill-defined phenomenon. *The International Journal of Aviation Psychology*, 1(1), 45–57.
- Sauvé, L., Renaud, L., & Kaufman, D. (2010). Games, Simulations, and Simulation Games for Learning: Definitions and Distinctions. In D. Kaufman & L. Sauvé (Eds.), *Educational Gameplay and Simulation Environments: Case Studies and Lessons Learned* (1st ed., pp. 1–26). Hershey PA: IGI Global.
- Savoldelli, G., & Granry, J.-C. (2013). Mannequins simulateurs de patients. In R. Amalberti, S. Boet, G. Savoldelli, & J.-C. Granry (Eds.), *La simulation en santé: De la théorie à la pratique* (1st ed., pp. 63–74). Paris, France: Springer-Verlag.
- Schulz, C. M., Endsley, M. R., Kochs, E. F., Gelb, A. W., & Wagner, K. J. (2013). Situation Awareness in Anesthesia: Concept and research. *Anesthesiology*, 118(3), 729–742.
- Seagull, F. J., Xiao, Y., MacKenzie, C. F., Jaber, M., & Dutton, R. P. (1999). Monitoring Behavior: A Pilot Study Using an Ambulatory Eye-Tracker in Surgical Operating Rooms. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 43, pp. 850–854).
- Shaffer, D. W., Halverson, R., Squire, K. R., & Gee, J. P. (2005). Video games and the future of learning. *Phi Delta Kappan*. Retrieved from
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. Illinois-Press.
- Shewaga, R., Knox, A., Ng, G., Kapralos, B., & Dubrowski, A. (2013). Z-DOC: A serious game for z-plasty procedure training. *Studies in Health Technology and Informatics*, 184(FEBRUARY), 404–406.
- Smith, K., & Hancock, P. a. (1995). Situation Awareness Is Adaptive, Externally Directed Consciousness. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 37(1), 137–148.

- Smith, T. J., Henning, R. A., Wade, M. G., & Fisher, T. (2014). *Variability in Human Performance* (1st ed.). Taylor & Francis.
- Sperandio, J.-C., & Wolff, M. (Eds.). (2003). *formalisme de modélisation pour l'analyse du travail et l'ergonomie* (1st ed.). Paris, France: Presses Universitaires de France.
- Spink, A. (2010). *Information Behavior: An evolutionary Instinct*. Berlin: Springer-Verlag.
- Stanton, N. a., Chambers, P. R. G., & Piggott, J. (2001). Situational awareness and electrical safety. *Safety Science*, *39*, 189–204.
- Stanton, N. a., Stewart, R., Harris, D., Houghton, R. J., McMaster, R., Salmon, P., ... Green, D. (2006). Distributed situation awareness in dynamic systems: theoretical development and application of an ergonomics methodology. *Ergonomics*, *49*(12-13), 1288–1311.
- Stassen, H. G., Grimbergen, C. A., & Dankelman, J. (2004). Introduction to Minimally Invasive Surgery. In *Engineering for Patient Safety: Issues in Minimally Invasive Procedures*. CRC Press.
- Stubbings, L., Chaboyer, W., & McMurray, A. (2012). Nurses' use of Situation Awareness in Decision Making: An integrative Review. *Journal of Advanced Nursing*, *68*(7), 1443–1453.
- Thompson, L., & Fine, G. A. (1999). Socially shared cognition, affect, and behavior: a review and integration. *Personality and Social Psychology Review*, *3*(4), 278–302.
- Tien, G., & Atkins, M. S. (2010). Measuring Situation Awareness of Surgeons in Laparoscopic Training. In *ETRA* (pp. 149–152). Austin, Texas.
- Tolentino, G., Ventura, A., Cruz, L., Vidal, S., Valeriano, R., Battaglini, C., & Oliveira, R. J. de. (2015). The Serious Games Applied for Health. In M. Khosrow-Pour (Ed.), *Encyclopedia of Information Science and Technology* (3rd ed.). Hershey PA: IGI Global.
- Tricot, A. (2007). *Apprentissage et documents numériques* (1st ed.). Péronnas: Belin.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Sciences*, *185*(4157), 1124–1131.
- Undre, S., Healey, A. N., Darzi, A., & Vincent, C. a. (2006). Observational assessment of surgical teamwork: A feasibility study. *World Journal of Surgery*, *30*(September), 1774–1783. <http://doi.org/10.1007/s00268-005-0488-9>
- van de Merwe, K., van Dijk, H., & Zon, R. (2012). Eye Movements as an Indicator of Situation Awareness in a Flight Simulator Experiment. *The International Journal of Aviation Psychology*, *22*(December), 78–95.
- Vandercruysse, S., Vandewaetere, M., & Clarebout, G. (2012). Game based learning: A review on the effectiveness of educational games. In *Handbook of Research on Serious Games as Educational, Business and Research Tools* (pp. 628–647).
- Vicente, K. J., Mumaw, R. J., & Roth, E. M. (2004). Operator monitoring in a complex dynamic work environment: a qualitative cognitive model based on field observations. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, *5*(5), 359–384.

- Vincent, C. (2010). *Patient Safety* (2nd ed.). Chichester: Wiley-Blackwell.
- Vivian, R., & Dinet, J. (2007). La recherche collaborative d'information. Vers un système centré utilisateur. *Document Numérique*, 10(3-4), 25–46.
- Vockell, E. (2004). Educational psychology: A practical approach. *Purdue University Calumet, on-Line Book*.
- Wellens, R. A. (1993). Group situation awareness and distributed decision making: from military to civilian applications. In N. J. Castellan (Ed.), *Individual and group decision making: Current issues* (pp. 267–291). Hillsdale, NJ, England: Lawrence Erlbaum Associates.
- Wiener, N. (1965). *Cybernetics, Second Edition: Or the Control and Communication in the Animal and the Machine* (2nd ed.). The MIT Press.
- Wilson, M. R., Vine, S. J., Bright, E., Masters, R. S. W., Defriend, D., & McGrath, J. S. (2011). Gaze training enhances laparoscopic technical skill acquisition and multi-tasking performance: A randomized, controlled study. *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques*, 25, 3731–3739.
- Wilson, T. D. (1999). Models in information behaviour research. *The Journal of Documentation*, 55(3), 249–270.
- Woods, D., & Hollnagel, E. (2006). *Joint Cognitive Systems: Patterns in Cognitive Systems Engineering* (1st ed.). Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group.
- World Health Organization. (2009). WHO Guidelines for Safe Surgery 2009. *Who*, 125.
- Worm, A. (2001a). Tactical Mission Analysis by Means of Naturalistic Decision Making and cognitive Systems Engineering. In E. Salas & G. Klein (Eds.), *Linking Expertise and Naturalistic Decision Making* (1st ed.). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Worm, A. (2001b). Tactical mission analysis by means of naturalistic decision making and cognitive systems engineering. In E. Salas & G. Klein (Eds.), *Linking Expertise and Naturalistic Decision Making* (1st ed., pp. 407–431). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Yule, S., Flin, R., Paterson-Brown, S., & Maran, N. (2006). Non-technical skills for surgeons in the operating room: a review of the literature. *Surgery*, 139(2), 140–149.
- Zsombok, C. E., & Klein, G. (Eds.). (1997). *Naturalistic Decision Making*. New York: Lawrence Erlbaum Associates.

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

<i>Figure 1.1 : schéma fonctionnel des mécanismes adaptatifs d'un système (traduit de Smith, 2014)</i>	15
<i>Figure 1.2 : modélisation de l'évolution d'un système (adapté de Rapoport, 1975)</i>	17
<i>Figure 1.3 : situation typique au bloc opératoire (adapté de Henrickson & Perry, 2015)</i>	19
<i>Figure 1.4 : représentation fonctionnelle de la machine cœur-poumon (adapté de Henrickson & Perry, 2015)</i>	21
<i>Figure 1.5 : schéma fonctionnel des interactions entre agents et environnement chirurgical (traduit de Stassen, Grimbergen, & Dankelman, 2004)</i>	21
<i>Figure 1.6 : modèle SEIP (adapté de Carayon et al., 2006, 2012)</i>	22
<i>Figure 2.1 : Schéma du concept de Conscience de Situation (adapté de Endsley, 1995)</i>	26
<i>Figure 2.2 : Conceptualisation cyclique de la conscience de situation d'équipe (Salas et al., 1995)</i>	29
<i>Figure 2.3 : Schéma intégratif de l'expérience et de la NDM (Salas et Klein, 2001)</i>	35
<i>Figure 2.4 : Modèle de l'échelle double de Rasmussen (adaptation de Sperandio, 2003)</i>	36
<i>Figure 2.5 : Modèle de gestion des situations dynamiques (Hoc, 1996)</i>	39
<i>Figure 2.6 : Effet des communications sur l'évolution d'un système (Hazlehurst et al., 2007)</i>	42
<i>Figure 2.7 : Rapport des collaborations perçues positivement par chacun des membres de l'équipe chirurgicale (Makary et al., 2006)</i>	44
<i>Figure 3.1 : Schéma des compétences opérationnelles partagées entre différents domaines de compétences non-techniques</i>	51
<i>Figure 3.2 : Modèle TeamSTEPPS (Traduit de Barach et Cosman, 2015)</i>	52
<i>Figure 3.3 : Mannequin dans une simulation réaliste (Rosen, 2013)</i>	53
<i>Figure 3.4 : Spectre des dispositifs de jeux potentiellement ludiques (traduit de Quin, Chui, Pang, Choi et Heng, 2010)</i>	55
<i>Figure 3.6 : Interface principale de 3DVOR</i>	62
<i>Figure 4.1 : Organisation du bloc opératoire</i>	67
<i>Figure 4.2 : Schéma du placement des caméras dans le bloc opératoire</i>	70
<i>Figure 4.3 : Proportion de type de communications émises en fonction du rôle des opérateurs</i>	75
<i>Figure 4.4 : Proportion de type de communications émises en fonction du degré d'expérience des opérateurs</i>	75
<i>Figure 4.5 : Proportion de type de communications émises pour chaque rôle en fonction de leur degré d'expérience</i>	77
<i>Figure 4.6 : Comparaison des types de communication selon les rôles des opérateurs</i>	78
<i>Figure 4.7 : Comparaison des types de communication selon le degré d'expérience des opérateurs</i>	78
<i>Figure 4.8 : Comparaison des différents rôles sur le choix des interlocuteurs</i>	80
<i>Figure 5.1 : Test de Concordance de Script écran 1</i>	88
<i>Figure 5.2 : Test de Concordance de Script écran 2</i>	88
<i>Figure 5.3 : Test de Concordance de Script écran 3</i>	88
<i>Figure 5.4 : Scène du bloc opératoire</i>	89
<i>Figure 5.5 : Représentation simplifiée du dossier patient</i>	89
<i>Figure 5.6 : Représentation simplifiée du scope (surveillance des données vitales du patient)</i>	89
<i>Figure 5.7 : Corrélation entre les résultats du TCS et le nombre d'année d'expérience</i>	96
<i>Figure 5.8 : Score de diagnostic selon le facteur corps de métier</i>	97
<i>Figure 5.9 : Score de diagnostic selon le facteur années d'expérience</i>	97
<i>Figure 5.10 : Score de diagnostic selon les facteurs ambiguïté et années d'expérience</i>	98
<i>Figure 5.11 : Score aux questions d'observation selon le facteur corps de métier</i>	99

<i>Figure 5.12 : Score aux questions d'observation selon le facteur années d'expérience</i>	99
<i>Figure 5.13 : Score aux questions d'observation selon le facteurs ambiguïté et années d'expérience</i>	100
<i>Figure 5.14 : Nombre de projections envisagés selon le facteur corps de métier</i>	100
<i>Figure 5.15 : Nombre de projections envisagés selon le facteur années d'expérience</i>	101
<i>Figure 5.16 : Nombre de projections envisagés selon les facteurs ambiguïté et années d'expérience</i>	101
<i>Figure 5.17 : Nombre de références aux actions de l'IBODE en fonction des rôles</i>	103
<i>Figure 5.18 : Nombre de références aux actions de l'IBODE en fonction de l'expérience des participants</i>	103
<i>Figure 5.19 : Nombre de références aux actions de l'IADE en fonction des rôles</i>	104
<i>Figure 5.20 : Nombre de références aux actions de l'IADE en fonction de l'expérience des participants</i>	104
<i>Figure 5.21 : Nombre de références aux actions du chirurgien en fonction des rôles</i>	106
<i>Figure 5.22 : Nombre de références aux actions du chirurgien en fonction de l'expérience des participants</i>	106
<i>Figure 5.23 : Nombre de références aux données physiologiques en fonction des rôles</i>	107
<i>Figure 5.24 : Nombre de références aux données physiologiques en fonction de l'expérience des participants</i>	107
<i>Figure 5.25 : Nombre de références aux données logistiques en fonction des rôles</i>	108
<i>Figure 5.26 : Nombre de références aux données logistiques en fonction de l'expérience des participants</i>	108
<i>Figure 5.27 : Nombre de fixations sur les écrans d'IBODE en fonction des Rôles</i>	110
<i>Figure 5.28 : Nombre de fixations sur les écrans d'IBODE en fonction de l'expérience des participants</i>	110
<i>Figure 5.29 : Nombre de fixations sur les écrans d'IADE en fonction des Rôles</i>	111
<i>Figure 5.30 : Nombre de fixations sur les écrans d'IADE en fonction de l'expérience des participants</i>	111
<i>Figure 5.31 : Nombre de fixations sur les écrans de chirurgien en fonction des Rôles</i>	113
<i>Figure 5.32 : Nombre de fixations sur les écrans de chirurgien en fonction de l'expérience des participants</i>	113
<i>Figure 5.33 : Nombre de fixations sur les écrans de données physiologiques en fonction des Rôles</i>	114
<i>Figure 5.34 : Nombre de fixations sur les écrans de données physiologiques en fonction de l'expérience des participants</i>	114
<i>Figure 5.35 : Nombre de fixations sur les écrans de données logistiques en fonction des Rôles</i>	115
<i>Figure 5.36 : Nombre de fixations sur les écrans de données logistiques en fonction de l'expérience</i>	115

<i>Figure 6.1 : Scène de bloc opératoire présentée aux participants</i>	123
<i>Figure 6.2 : Moyennes des scores obtenus aux votes en fonction de l'engagement</i>	129
<i>Figure 6.3 : Moyennes des scores obtenus aux votes en fonction de l'anonymat</i>	129
<i>Figure 6.4 : Moyennes du nombre de consultation des documents en fonction de l'engagement</i>	130
<i>Figure 6.5 : Moyennes du nombre de consultation des documents en fonction de l'anonymat</i>	130
<i>Figure 6.6 : Moyennes du nombre de consultation des documents selon la qualité des informations</i>	131
<i>Figure 6.7 : Moyennes du temps de consultation des documents en fonction de la condition engagement</i>	132
<i>Figure 6.8 : Moyennes du temps de consultation des documents en fonction de la condition Anonymat</i>	133
<i>Figure 6.9 : Moyennes du temps de consultation des documents selon la qualité des informations liées</i>	134
<i>Figure 6.10 : Comparaison des moyennes du temps passé sur la scène pour la condition engagement</i>	134
<i>Figure 6.11 : Moyennes des temps passés sur la scène pour la condition anonymat</i>	135
<i>Figure 7.1 : Tableau récapitulatif des résultats principaux de l'étude 1</i>	141
<i>Figure 7.2 : Pourcentages d'émission de communications des principaux opérateurs</i>	142
<i>Figure 7.3 : Écran de vote de 3DVOR</i>	149
<i>Tableau 3.3.1 : ANTS (Anaesthetists' non-technical skills)</i>	48
<i>Tableau 3.3.2 : NOTSS (Non-technical skills for surgeons)</i>	49
<i>Tableau 3.3.3 : SPINTS (Scrub practitioners' intraoperative non-technical skills)</i>	49
<i>Tableau 4.1: Description des participants</i>	69
<i>Tableau 5.2 Répartition des experts par spécialité</i>	87
<i>Tableau 5.2 Tableau de répartition des types de données</i>	90
<i>Tableau 5.3 Tableau de répartition des actions des protagonistes selon leur rôle et la condition de passation</i>	90
<i>Tableau 5.4: Synthèse des résultats du TCS</i>	95
<i>Tableau 5.5 : Répartition des variables pour l'ANOVA imbriquée</i>	102
<i>Encart 6.1 : Consigne de l'étude</i>	122
<i>Tableau 6.1 : Tableau de répartition des informations selon leur degré de validité</i>	124

ANNEXES

ANNEXE 1 : CHECKLIST DE LA HAS

« SÉCURITÉ DU PATIENT AU BLOC OPÉRATOIRE »

Version 2011 - 01

HAAS
HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ

Identité visuelle de l'établissement

Bloc : Salle :
 Date d'intervention : Heure (début) :
 Chirurgien & Intervenant :
 Anesthésiste & Intervenant :
 Coordinateur(s) check-list :

Identification du patient
 Allergies du patient et
 Nom, prénom, date de naissance

AVANT INDUCTION ANESTHÉSIQUE <i>Temps de pause avant anesthésie</i>	AVANT INTERVENTION CHIRURGICALE <i>Temps de pause avant incision</i>	APRÈS INTERVENTION <i>Pause avant sortie de salle d'opération</i>
<p>1 L'identité du patient est correcte : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non*</p> <p>2 L'intervention et site opératoire sont confirmés • idéalement par le patient et dans tous les cas, par le dossier ou procédure spécifique • la documentation clinique et para clinique nécessaire est disponible en salle</p> <p>3 Le mode d'insufflation est connu de l'équipe en salle, cohérent avec le site / intervention et non dangereux pour le patient</p> <p>4 La préparation cubanée de l'opéré est documentée dans la fiche de liaison service / bloc opératoire (ou autre procédure en œuvre dans l'établissement)</p> <p>5 L'équipement / matériel nécessaire pour l'intervention est vérifié et est présent(e) : • pour la partie chirurgicale <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non* • pour la partie anesthésique <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non* Actes sans prise en charge anesthésique <input type="checkbox"/> N/A</p> <p>6 Vérification croisée par l'équipe de points critiques et mise en œuvre des mesures adéquates : Le patient présente-t-il un : • risque allergique <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui* • risque d'intubation de difficulté <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui* • risque d'intubation ou de ventilation au masque <input type="checkbox"/> N/A • risque de saignement important <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui*</p>	<p>7 Vérification « ultime » croisée au sein de l'équipe, en présence des chirurgien(s) – anesthésiste(s) / IADE – BODE / IDE • identité patient confirmée <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non* • intervention prévue confirmée <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non* • site opératoire confirmé <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non* • insufflation correcte confirmée <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non* • documents nécessaires disponibles (notamment imagerie) <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> N/A</p> <p>8 Partage des informations essentielles, oralement au sein de l'équipe sur les éléments à risque / étapes critiques de l'intervention (<i>time out</i>) • sur le plan chirurgical <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non* (temps opératoire difficile, points spécifiques de l'intervention, identification des matériels nécessaires, confirmation de leur opérationalité, etc.) • sur le plan anesthésique <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non* (Actes sans prise en charge anesthésique / risques potentiels liés au terrain ou à des traitements éventuellement maintenus, etc.)</p> <p>9 L'antibioprophylaxie a été effectuée selon les recommandations et protocoles en vigueur dans l'établissement La préparation du champ opératoire est réalisée selon le protocole en vigueur dans l'établissement <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> N/A</p> <p><small>N/A : quand le cadre de soins ne s'applique pas ou n'est pas applicable N/A : quand le cadre de soins ne s'applique pas ou n'est pas applicable</small></p>	<p>10 Confirmation orale par le personnel auprès de l'équipe : • de l'intervention envisagée, du compte final correct des compresses, aiguilles, instruments, etc. <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non* • de l'étiquetage des prélèvements, pièces opératoires, etc. <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non* • si des événements indésirables ou porteurs de risques médicaux sont survenus / ont été l'objet d'un signalement / d'alerte ? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> N/A Si aucun événement indésirable n'est survenu pendant l'intervention, insérer N/A</p> <p>11 Les prescriptions pour les soins opératoires immédiats sont faites de manière conjointe entre les équipes chirurgicale et anesthésiste</p> <p style="text-align: center;">DÉCISION CONJUGUÉE EN CAS DE NON-CONFORMITÉ OUI DE RÉPONSE MARQUÉE D'UN *</p>
<p>SILON PROCÉDURE EN VIGUEUR DANS L'ÉTABLISSEMENT Attestation que la check-list a été renseignée suite à un partage des informations entre les membres de l'équipe Chirurgien Anesthésiste / IADE Coordinateur CL</p>		

LE RÔLE DU COORDONNATEUR CHECK-LIST, SOUS LA RESPONSABILITÉ DE L'INTERVENTION, EST DE COCHER LES ITEMS DE LA CHECK-LIST QUI SONT EN VIGUEUR DANS L'ÉTABLISSEMENT.
 (1) SI LA VÉRIFICATION A BÉNÉFICÉ D'UN * SEULE A ÉTÉ FAITE ORALEMENT EN PRÉSENCE DES MEMBRES DE L'ÉQUIPE CONCERNÉE
 (2) SI UN NON CONFORMITÉ (MARQUÉE D'UNE *) ONT FAIT L'OBJET D'UNE CONCLÉSION EN ÉQUIPE ET D'UNE DÉCISION QUI DOIT LE CAS ÉCARTÉ ÊTRE RAPPORTÉE DANS L'INFORMÉ MÉDICALE

ANNEXE 2 : REFERENTIEL DE COMPETENCES DE 3DVOR

étiquette1	compétences	étiquette2	étiquette3
conscience de la situation	être capable de gérer son activité dans sa complexité	gestion/orga de la tâche	
	être capable de faire preuve de réactivité	prise de décision	
	être capable de réajuster la mise en œuvre des procédures et protocoles	prise de décision	
	être capable d'être réceptif aux informations fournies par l'environnement	prise de décision	
	être capable d'organiser et coordonner des interventions soignantes	travail d'équipe	leadership
	être capable d'agir avec discernement		
	être capable d'agir face à l'imprévu		
	être capable d'analyser les informations recueillies		
	être capable de discerner les priorités		
	être capable de gérer les aléas		
	être capable de hiérarchiser les priorités		
	être capable de s'adapter à des situations variées		
	être capable de synthétiser les informations		
	être capable de traiter de manière efficiente un grand nombre de données dans un délai imparti		
	être capable d'élaborer des solutions adaptées		
	être capable d'évaluer une situation critique		
être capable d'identifier les risques			
savoir quelle information partager			
Maîtrise des émotions	être capable de faire face à l'inattendu sans perdre son sang-froid	gestion/orga de la tâche	
	être capable de contrôler ses émotions		
	être capable de gérer le stress		
	être capable de maîtriser ses réactions		
gestion/orga de la tâche	être capable d'être rigoureux	conscience de la situation	
	connaître les différentes étapes de la séquence de soins		
	être capable d'adapter le geste à la technique utilisée		
	être capable d'analyser la tâche prescrite		
	être capable d'anticiper les problèmes prévisibles		
	être capable d'appliquer de manière correcte des savoir-faire normés		
	être capable d'appliquer les règles d'hygiène et de sécurité		
	être capable de concevoir et conduire un projet de soins		
	être capable de développer ses connaissances professionnelles		
	être capable de gérer les temps de l'opération		

	être capable de mettre en pratique des normes, procédures opérationnelles et spécificités techniques		
	être capable de mobiliser des compétences professionnelles médicales pour l'établissement d'un diagnostic		
	être capable de réaliser des actions en contrôlant les risques		
	être capable de renseigner les documents de traçabilité		
	être capable de respecter un plan		
	être capable de structurer son travail		
	être capable de travailler en autonomie		
	être capable d'élaborer une séquence de soins		
	être capable d'évaluer les besoins		
	être capable d'identifier les étapes essentielles		
	être capable d'identifier les problèmes		
	être capable d'utiliser le matériel et la technologie de façon efficiente		
	être capable d'utiliser les techniques avec dextérité et habiletés manuelles		
leadership	être capable de répartir les tâches entre les membres de l'équipe en tenant compte des rôles de chacun		
	être capable de s'affirmer, affirmer ses décisions et ses actions		
	être capable d'obtenir la confiance de ses interlocuteurs et les entraîner dans la poursuite d'un objectif partagé		
prise de décision	être capable de proposer des solutions adaptées	conscience de la situation	
	être capable d'énoncer un jugement critique sur les réactions au problème	conscience de la situation	
	être capable d'identifier rapidement les actions à mener face à une situation non prévue	conscience de la situation	
	être capable d'analyser rapidement une situation et déduire les solutions pertinentes		
	être capable de poser un diagnostic		
	être capable de prendre des initiatives		
	être capable de prendre rapidement une décision		
travail d'équipe	être capable d'adapter son comportement à la situation et aux personnes	conscience de la situation	Maîtrise des émotions
	être capable d'ajuster ses comportements en fonction des caractéristiques de l'environnement	conscience de la situation	
	être capable de communiquer avec à propos	conscience de la situation	
	être capable de partager et diffuser dans les délais appropriés les informations utiles concernant le patient	conscience de la situation	

	être capable de partager l'information	conscience de la situation	
	être capable de situer son action au sein d'une équipe de travail	conscience de la situation	
	être capable de transmettre l'information avec exactitude	conscience de la situation	
	être capable de collaborer avec les différents partenaires		
	être capable de communiquer des informations susceptibles de concourir à l'établissement du diagnostic		
	être capable de communiquer et conduire une relation dans un contexte de soins		
	être capable de partager certaines connaissances entre les différentes catégories de personnels		
	être capable de s'intégrer et coopérer dans un collectif de travail et y apporter une contribution efficace		
	être capable d'entrer en contact avec autrui		
	être capable d'entretenir des relations avec les partenaires du bloc opératoire		
	savoir faire des compromis acceptables sans mettre en danger la vie du patient (pertinence du compromis)		

ANNEXE 3 : TABLEAUX DE DONNEES DES SCENARI DE L'ETUDE 2

condition normale					
		Scène 1	Scène 2	Scène 3	Scène 4
données physiologiques	pression artérielle	120/80 (93)	120/80 (93)	100/80 (86)	86/38 (54)
	fréquence cardiaque	80	100	120	140
	oxymétrie de pouls	98	98	98	88
	CO2 expiré	30	30	25	20
	Température	37.4	37.4	37.5	37.4
	coloration cutanée	NORMALE	NORMALE	Pâleur des extrémités (doigts, orteils etc.) + marbrure sur les genoux	coloration bleue + marbrure sur les genoux
	perte sanguine	750 ml	1000 ml	1500 ml	2000 ml
ressources utilisées	quantité d'eau stérile utilisée	inconnue	3 flacons	3 flacons de plus	0
	paquets de 10 compresses	inconnue	5 paquets	0	0
actions des personnages	action de l'IBODE circulante	L'IBODE circulante réalise la traçabilité du matériel Elle donne à l'anesthésiste le nombre de flacons déjà utilisés	Elle apporte 3 flacons d'eau stérile à l'IBODE instrumentiste Elle apporte 5 paquets de 10 compresses à l'IBODE instrumentiste.	L'IBODE circulante transmet à l'anesthésiste l'information sur les 3 nouveaux flacons utilisés	L'IBODE circulante se dirige vers le téléphone et appelle un anesthésiste en renfort
	action de l'IBODE instrumentiste	L'IBODE instrumentiste assiste le chirurgien	L'IBODE instrumentiste demande à l'IBODE circulante de lui apporter 3 flacons d'eau stérile. L'IBODE instrumentiste demande à l'IBODE circulante de lui apporter 5 paquets de compresses hémostatiques. L'IBODE instrumentiste prépare les compresses pour le chirurgien.	L'IBODE instrumentiste irrigue de façon importante le site opératoire	L'IBODE instrumentiste irrigue de façon importante le site opératoire
	action du chirurgien	Le chirurgien opère le patient le chirurgien signale un saignement légèrement supérieur à la normale Il transmet ce constat à l'anesthésiste	Le chirurgien demande à l'aide opératoire d'augmenter le débit de l'aspiration il fait l'hémostase Il demande à l'anesthésiste de surveiller l'état de veille du patient	Le chirurgien poursuit l'hémostase	Le chirurgien poursuit l'hémostase Il demande à l'anesthésiste de stabiliser l'état du patient

	<p>action de l'anesthésiste</p>	<p>L'anesthésiste surveille les constantes du patient, en regardant le bocal d'aspiration il se rend compte d'une quantité de pertes sanguines légèrement supérieur à la normale</p> <p>L'anesthésiste vérifie les pertes sanguines étendu sur les champs opératoire</p> <p>Il demande à l'IBODE circulant une évaluation de la quantité d'eau stérile utilisée</p> <p>Il évalue la perte sanguine à 750 ml</p> <p>Il transmet cette information au chirurgien</p>	<p>L'anesthésiste reçoit l'information sur le nombre de flacons utilisés et prend le pouls du patient,</p> <p>il constate un pouls plus rapide que la normale.</p> <p>En vérifiant le bocal d'aspiration il estime les pertes sanguine 1000 ml,</p> <p>il transmet cette information au chirurgien</p>	<p>Il constate un pouls filant.</p> <p>Il constate également la présence de marbrure sur les genoux.</p> <p>En vérifiant le bocal d'aspiration il constate une perte sanguine de 1500 ml,</p> <p>il transmet cette information au chirurgien,</p> <p>Il demande à l'IBODE circulant le nombre de flacons utilisés</p> <p>De plus il émet son avis sur un possible état de choc.</p>	<p>En vérifiant le bocal d'aspiration il constate une perte sanguine de 2000 ml,</p> <p>il transmet cette information au chirurgien</p> <p>Il demande à l'IBODE circulant d'aller chercher l'aide d'un anesthésiste</p> <p>Il Demande où en est l'hémostase</p>
--	---------------------------------	--	--	---	---

condition ambiguë					
		Scène 1	Scène 2	Scène 3	Scène 4
données physiologiques	pression artérielle	120/80 (93)	110/80 (98)	100/80 (86)	86/38 (54)
	fréquence cardiaque	80	118	120	140
	oxymétrie de pouls	88	88	88	88
	CO2 expiré	30	30	27	20
	Température	37.4	37.4	37.5	37.4
	coloration cutanée	NORMALE	NORMALE	Pâleur des extrémités (doigts, orteils etc.)	coloration bleue + marbrure sur les genoux
	perte sanguine	600 ml	1000 ml	1200 ml	2000 ml
ressources utilisées	quantité d'eau stérile utilisée	inconnue	inconnue	plusieurs flacons	0
	paquets de 10 compresses	inconnue	des paquets	0	0
actions des personnages	actions de l'IBODE circulant	L'IBODE circulante réalise la traçabilité du matériel	Elle apporte plusieurs paquets de compresses à l'IBODE instrumentiste. Elle apporte plusieurs flacons d'eau stérile à l'IBODE instrumentiste.	L'IBODE circulante transmet à l'anesthésiste l'information sur les flacons utilisés	L'IBODE circulante sort de la salle
	actions de l'IBODE instrumentiste	L'IBODE instrumentiste assiste le chirurgien	L'IBODE instrumentiste demande à l'IBODE circulante de lui apporter des flacons d'eau stérile. L'IBODE instrumentiste demande à l'IBODE circulante de lui apporter des paquets de compresses hémostatiques. L'IBODE instrumentiste prépare les compresses pour le chirurgien.	L'IBODE instrumentiste irrigue de façon importante le site opératoire	L'IBODE instrumentiste irrigue de façon importante le site opératoire
	action du chirurgien	Le chirurgien opère le patient	Le chirurgien demande à l'aide opératoire de régler le débit de l'aspiration. Il demande un paquet de compresse hémostatique à l'IBODE instrumentiste	Le chirurgien entame l'hémostase. Il demande à l'anesthésiste de surveiller l'état de veille du patient.	Le chirurgien poursuit l'hémostase
	action de l'anesthésiste	L'anesthésiste surveille, en regardant le bocal d'aspiration il se rend compte d'une quantité de pertes sanguines légèrement supérieur à la normale. Il évalue la perte sanguine à 600 ml	L'anesthésiste prend le pouls du patient, il constate un pouls plus rapide que la normale. En vérifiant le bocal d'aspiration il estime les pertes sanguine 1000 ml,	il constate un pouls filant. En vérifiant le bocal d'aspiration il constate une perte sanguine de 1200 ml. Le patient est toujours sous anesthésie générale, il transmet son état au chirurgien.	En vérifiant le bocal d'aspiration il constate une perte sanguine de 2000ml.

ANNEXE 4 : TABLE DES SCORES TCS DES EXPERTS DE L'ETUDE FAURE (2014) ET DE NOS PARTICIPANTS

panel	Q28	Q29	Q30	Q37	Q38	Q39	Q55	Q56	Q57
GARRIDO	2	0	-2	2	1	2	1	1	0
MAZEROLLES	0	2	2	0	0	0	0	2	1
GONZALEZ	1	2	2	2	2	2	-2	2	1
BOURDET	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KERN	0	0	1	-2	0	2	0	2	0
PORTIER	2	0	2	2	2	2	-2	2	2
GEERAERTS	0	0	0	0	-1	0	0	2	
JALBERT	0	2	2	-1	2	2	-2	1	1
TISSOT	0	-2	0	1	0	2	0	1	2
BAYOUMEU	0	0	0	0	-1	0	0	2	0
KIRZIN	0	0	2	2	0	2	0	1	-2
MAYEUR	0	0	-2	0	0	0	-2	2	1
FOURNIE	-2	0	2	0	-1	0	0	0	0
mode	0	0	2	0	0	2	0	2	0
variance	1.03	1.23	2.23	1.60	1.23	1.08	1.10	0.59	1.18
NOMBRE EXPERTS	13	13	13	13	13	13	13	13	12

Etudiant	Q28	Q29	Q30	Q37	Q38	Q39	Q55	Q56	Q57
pierrot	-2	1	0	0	-2	-2	-2	0	1
eva	2	1	2	2	-1	-2	-2	-2	1
Luc	1	2	2	0	-1	-1	0	0	0
vince	0	0	1	-1	1	1	-2	0	1
ugg	0	0	1	-1	0	1	0	1	2
mumu	2	1	0	0	1	2	-2	-1	0
laura	0	0	-2	2	0	0	-2	0	-2
juto	0	-1	1	1	-2	0	2	1	1
lulu	0	2	2	2	2	2	2	2	2
babet	-2	0	0	0	0	0	1	2	0
mp	0	2	2	2	-2	0	2	2	1
Louloute	-2	2	2	2	-2	2	-2	2	2
graulle	-1	0	2	0	0	2	2	1	0
Julien	-2	0	2	2	0	0	-2	2	0
ben	0	0	2	0	-2	0	0	2	0
florian	-1	0	2	0	0	2	1	2	2
moi	0	0	0	0	-2	2	-1	-2	1
imene	2	2	2	2	0	2	0	0	0
brenda	-2	0	2	0	-1	2	0	0	2
tat	-1	0	0	0	-1	0	-1	1	0
sam	0	0	0	0	-1	2	-2	2	1
Maria	0	1	2	1	0	1	-2	1	0
alicia	0	2	2	0	1	0	1	2	1

inès	2	0	0	0	-2	-2	1	0	0
valerie	2	2	2	2	-2	2	-2	0	0
candice	0	0	0	2	0	2	-2	2	0
rametto	2	1	-2	-1	0	1	-1	0	2
margoine	-2	1	2	2	-1	1	0	0	0
lulu	0	0	0	0	-2	0	-2	0	1
turron	0	1	2	1	1	0	-2	2	1
cecile	0	2	2	2	-2	0	-2	-1	1
cece	0	2	2	1	-1	2	2	-2	0
sss	2	2	2	2	-2	0	0	0	0
Bastien	1	1	2	0	-2	0	-1	1	-2
mire	2	0	0	0	-2	-2	-2	-2	0
lily3200	0	0	2	1	0	1	1	2	0
PierreR	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Helene	1	0	2	0	1	0	2	2	0
béné	0	0	1	-1	0	0	0	0	1
etienne	0	0	1	2	0	0	0	0	0
abcd	1	1	1	0	-2	0	-1	0	0
Dieye	0	0	2	2	2	0	-1	2	0
charlotte	0	0	2	2	-1	2	-1	2	0
tahiti	0	1	2	2	1	2	0	2	1
pm	0	2	2	2	-1	2	-1	2	1
Charlotte	2	2	2	2	2	2	-2	-2	-2
Amo	1	0	2	0	2	2	-2	-1	0
lany	2	-1	2	2	2	2	-2	1	0
KATY	2	2	2	2	-2	2	-2	2	0
Laurent	-2	1	2	2	-2	2	-2	0	2
MAG	0	0	2	2	0	2	-2	2	0
seb	0	0	2	2	-2	2	-1	2	0
Mélanie	2	2	2	2	2	2	2	0	0
mode	0	0	2	2	2	2	-2	2	0
variance	1.42	1.03	0.08	0.56	3.24	0.56	1.31	1.91	0.81
NOMBRE DE PARTICIPANTS	53	53	53	53	53	53	53	53	53

ANNEXE 4 : DONNEES DE L'ETUDE 3

- **Lettre du médecin traitant**

Cher confrère

Je vous adresse Mr Pierre Durand né le 14/09/1951 qui présente des troubles intellectuels en rapport avec une tumeur cérébrale.

Merci de ce que vous ferez pour lui.

Dr Kobayashi

- **Demander au chirurgien**

« Le Pr Panol est indisponible »

- **Planning**

Date	Heure	Salle	Chirurgien	Patient	Date de naissance	Intervention
19/05/2016	7h00	N°1	Dr. Menard	Janine Lahm	05/09/1962	Biopsie cérébrale
19/05/2016	7h00	N°2	Pr. Panol	Valentin Proust	18/02/1959	Hernie discale L5 S5 G
19/05/2016	8h30	N°1	Dr. Menard	Pierre Durand	14/09/1951	Tumeur cérébrale D
19/05/2016	9h00	N°2	Pr. Panol	Frédéric Durand	26/06/1956	Tumeur cérébrale D

- **Lettre du chirurgien**

Monsieur Durand né le 14/09/1951 a été vu pour des difficultés intellectuelles d'installation récente sur les dernières semaines. Il s'est d'abord plaint de problèmes de mémoire, puis son entourage a noté des problèmes attentionnels et déconcentration. Finalement, il présente des difficultés de communication en rapport avec des éléments confusionnels et des persévérations.

L'IRM montre une lésion du côté gauche

Pr Panol

- **Bracelet du patient**



- **Demander au patient**

« Le patient est dans un état trop confus pour donner son nom »

- Fiche de liaison

Pierre Durand
14/09/1951
1m70
75kg



ETIQUETTE
SERVICE

**LIAISON
PRÉ-PER-POST OPERATOIRE**

Présentation du patient

Barrière linguistique : Non
 Oui ⇒ précisez :
 Handicap physique et/ou psychologique
 Non Oui ⇒ précisez : *tr la parole*
 Allergie : Non Oui ⇒ précisez :
 Patient porteur de prothèse (Pace Maker, PTH, etc...) :
 Non Oui ⇒ précisez : le type et la localisation :
 Patient porteur d'implant/pivot dentaire Non
 Oui ⇒ précisez :

Vérifications

Absence de vernis
 Absence de lentille de contact :
 Absence de piercing :
 Absence de prothèse dentaire :
 Absence de prothèse auditive :
 Absence de bijoux :

Préparation physique du patient pour l'intervention

Préparation générale
 Application du protocole du CLIN en vigueur :
 Non Oui ⇒ pourquoi :
 Etat cutané général (précisez) :
 Zone à opérer : Tumeur cérébrale gauche
Préparation locale
 Application du protocole du CLIN en vigueur :
 Oui ⇒ précisez : iode ou chlorexidine
 Non ⇒ pourquoi :

Dossier patient à vérifier avant le départ

Dossier complet (avec étiquettes)
 Oui Non ⇒ précisez :
 Autorisation d'opérer
 Bracelet d'identité
 Dossier transfusionnel en cours : oui non
 Produits réservés pour transfusion : oui non
 Groupage dans le dossier au CTS :

Éléments à préciser avant le départ

Patient prémédiqué : Oui ⇒ précisez l'heure :
 Non Pourquoi ? *- Xanax 0,5 - 5
c 06*
 Patient à jeun : Oui indiquez l'heure : *11h05*
 Non Pourquoi ?
 Miction : Oui Non
 VVP : Oui Non
 Indiquez l'état du capital veineux : *Ok.*
 Destination post opératoire prévue : *Reanimat.*

Etat psychologique avant le départ au bloc opératoire

Agité Somnolent Calme Anxieux

Consignes particulières à transmettre : Non Oui ⇒ précisez :

Date et heure de départ :

Lantz. A

Nom et Signature IDE	Matin	7h30 le 19/05/2016
	Après midi	
	Nuit	

- Fiche d'anesthésie

FICHE D'ANESTHESIE Service _____		 Hôpitaux de Toulouse		NOM <u>DURAND</u> Prénom _____ Date N _____ Age _____	
CONSULTATION PRE-ANESTHESIQUE					
Date de consultation ____/____/____ Entrée prévue le ____/____/____		pour intervention le ____/____/____ à ____ h			
Anesthésiste <u>RESNAIS</u>		Opérateur _____			
Diagnostique <u>Tumeur cérébrale G.</u>					
Intervention _____					
Gr Rh _____ RAI _____ Poids <u>75</u> kg Taille <u>170</u> cm		Allergies <input type="checkbox"/> ALLERGIE ANESTH. <input type="checkbox"/> suspic° d'allergie anesth. <input type="checkbox"/> ALLERGIE LATEX <input type="checkbox"/> suspic° d'allergie latex <input type="checkbox"/> BILAN ALLERGO. (joindre c.r.) <input type="checkbox"/> Atopie, ou autre		Détails <u>NC</u>	
Antécédents chirurgicaux - Appendicectomie dans l'enfance - Cloleptictome RAS - <u>looz</u>			Antécédents médicaux - HTA - depuis 10 ans - <u>HBP</u>		
Traitements <u>XALOR 10</u> 1-2-3-4 <u>XALOR 10</u> 1-2-3-4			Cardio-vasc. <i>Dyspnée NYHA : 1 2 3 4</i> SF <u>RS</u> SP _____ PAS <u>145/72</u> Fc <u>67</u> Allen _____ <input type="checkbox"/> Stimul. cardiaque, contrôlé le ____/____/____		Pleuro-pulm. SF <u>RS.</u> SP _____ Tabac P/A <u>NON</u> arrêté depuis _____
Facteurs de risque <input type="checkbox"/> URGENCE <input type="checkbox"/> ESTOMAC PLEIN		<input type="checkbox"/> NVPO score d'Apfel : 0 1 2 3 4 <input type="checkbox"/> ATNC Creutzfeld-Jacob <input type="checkbox"/> Etat général altéré		<input type="checkbox"/> ATCD Transfusionnel <input type="checkbox"/> Dénutrition - éthyilisme <input type="checkbox"/> Mauvais état veineux	
INFORMATION donnée Autorisation du représ' légal		<input type="checkbox"/> Anesthésie <input type="checkbox"/> Oui		<input type="checkbox"/> Transfusion <input type="checkbox"/> Non : _____	
CONCLUSIONS <u>...</u>		Bilan à prévoir <input type="checkbox"/> Ci. Thoracique <input type="checkbox"/> ECG <input checked="" type="checkbox"/> Groupage I II <input checked="" type="checkbox"/> RAI <input checked="" type="checkbox"/> NG, Plaquettes <input checked="" type="checkbox"/> BES, Créat. <input type="checkbox"/> Sérologies hépatites <input type="checkbox"/> Consultation(s)			
		<input type="checkbox"/> Néant <input type="checkbox"/> Glycémie <input checked="" type="checkbox"/> Hémostase <input type="checkbox"/> Bilan hépatique <input type="checkbox"/> Albuminémie <input type="checkbox"/> Gaz du sang <input type="checkbox"/> Spirométrie <input type="checkbox"/> Sérologie HIV		Voies aériennes sup. Mallampati : I II III IV Ouv. bouche : <u>04</u> Dist. th-ment : <u>04</u> Mob. cervic. : <u>04</u> Cormack connu : 1 2 3 4 <input checked="" type="checkbox"/> FIBROSCOPIE	
http://www.chu-toulouse.fr CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE		ASA : II			

EXAMENS PARACLINIQUES

Date	/ /	/ /	Gr Rh	RAI	date et n°
Na	140	OK	Na		Cl. Thoracique 
K	3,6		K		
Cl	101		Cl		
RA	24,2		RA		
Pr			Pr		
Ca			Ca		Spirométrie
Urée	7,2		Urée		
Créat	85		Créat		
Gly			Gly		
Hb	13,2	OK	Hb		ECG
Ht %			Ht %		
GB			GB		
TP	98 / INR	OK	TP		Explorations cardio-vasc.
TCA	2 = 7,02		TCA	1	
Fibr	35		Fibr		
Pq	205000		Pq		
pH		OK	pH		
pO ₂			pO ₂		
pCO ₂			pCO ₂		
SaO ₂			SaO ₂		
Hépatite			HIV		Détails, autres résultats

VISITE PRE-ANESTHESIQUE

Date / / par le Dr

Information bénéfique / risque

Anesthésie Générale

- Intubation
- Masque laryngé
- V^e spontanée

A. Loco-Régionale

- Demandée
- Acceptée
- Refusée

A. Locale / Sédation

Simple surveillance

Transfusions

- Autotransfusion différée
- Autotransfusion per / post-opératoire

Produits sanguins réservés

Monitoring à prévoir

Post-opératoire

- Chambre
- S. de Surv. Post-Interventionnelle
- Soins continus
- Autre service : _____

- Ambulatoire
- PCA post-opératoire
- A.L.R. post-opératoire : _____
- Protocole : _____

Préparation

Consignes de jeûne à 0 h 00
 strict liquide

Prémédication

le / / à h

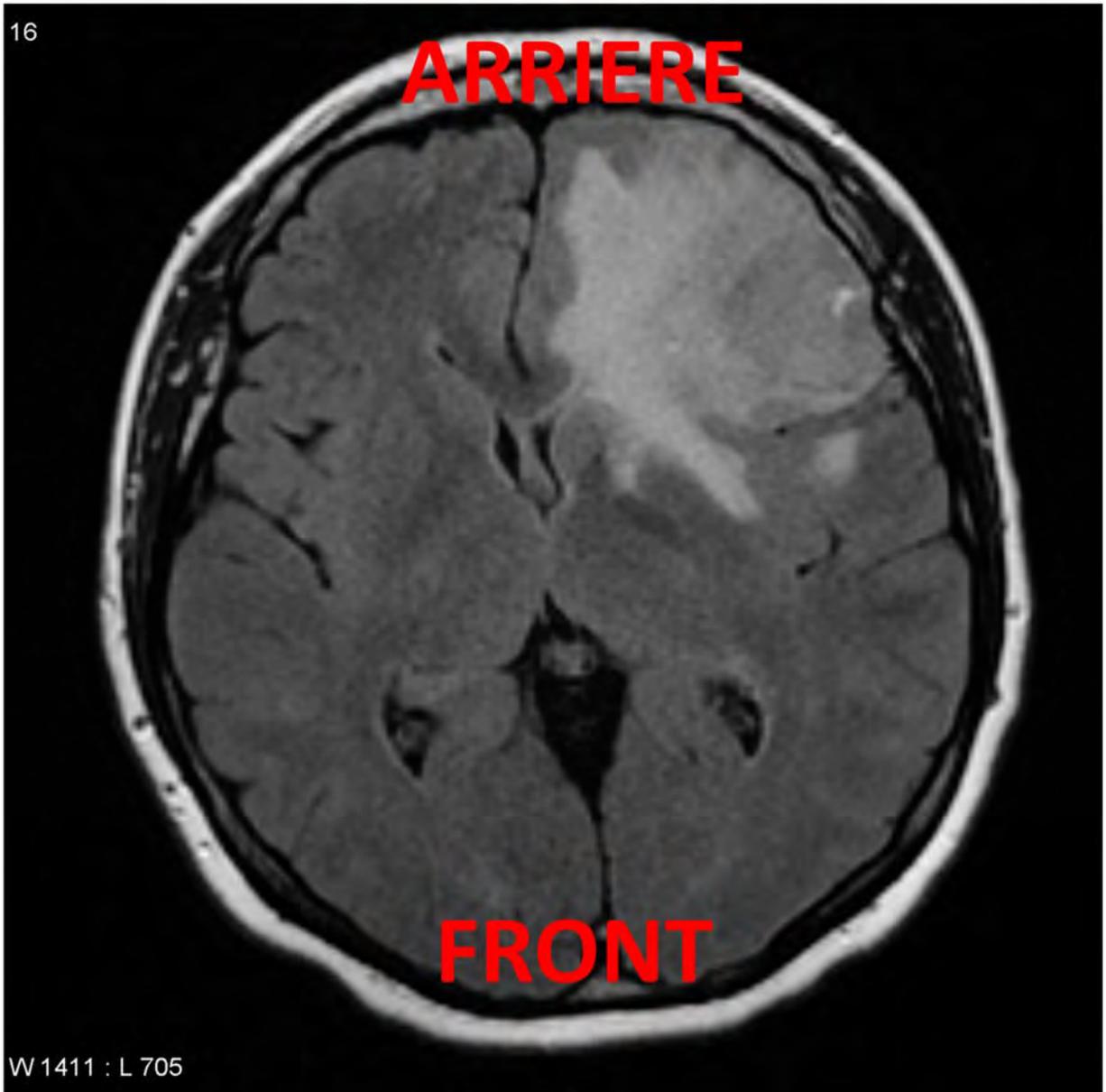
- Xanax 0,5 mg (PO) la veille si besoin
- Xanax 0,5 mg (PO) à H-1
- Ttt habituel à H-1 dans un fond d'eau.

AB Prophylaxie :

- dans le service
- au bloc

Signature

- IRM



RÉSUMÉ

L'objectif de cette thèse de doctorat est d'étudier les mécanismes en jeu dans les comportements informationnels lors de la prise de conscience de la situation afin d'en dégager des leviers permettant d'orienter ces comportements. Ces travaux s'inscrivent dans le cadre du développement du Serious Game 3DVOR, dispositif dédié à la gestion des risques au bloc opératoire. Dans un premier temps, nous avons filmé puis analysé 6 situations d'opération chirurgicale sans complication et avons observé les comportements informationnels des opérateurs du bloc lors d'une simulation numérique d'un cas complexe de chirurgie. Enfin nous avons élaboré un scénario permettant d'interagir avec des partenaires virtuels afin d'observer l'impact de leurs actions sur les stratégies informationnelles d'un apprenant.

Nous avons analysé les données recueillies au regard de la littérature sur la conscience de la situation, particulièrement le modèle d'Endsley (1995). Nos résultats montrent que les comportements informationnels varient selon l'expertise des opérateurs et l'ambiguïté de la situation. Les experts adaptent leurs stratégies lorsque la situation ne leur est pas familière et varient leurs sources d'informations pour mettre à jour leur représentation de la situation. Enfin, nous avons montré que l'engagement de partenaires, même virtuels, modifient les stratégies de traitement de l'information des apprenants face à un dispositif de formation numérique.

Mots-clés : comportements informationnels, conscience de la situation, serious game, bloc opératoire

This doctoral thesis aims at investigating the mechanisms playing a role in both human information behavior and situation awareness in order to develop pedagogical levers that could guide those behaviors. The work we present is part of an industrial project for the development of a serious game named 3DVOR, this game is targeting the risk management education within the operating room. First, we filmed 6 surgical operations that did not present any complications, then we created a simulation of a complex case of surgery to observe the informational behaviors of each member of the surgical team. Last, we elaborated a scenario allowing a learner to interact with virtual partners in order to observe the impact of their actions on the learners' informational strategies.

We analyzed the data in view of the literature on situation awareness and the Endsley's model. Our results show that the information behaviors vary according to the expertise of the operators and the ambiguity of the situation. Experts adapt their strategies when the situation does not seem familiar and vary their sources of information to update their mental representation of the current situation. Finally, we showed that the engagement, even of virtual partners, modify the learners' strategies of information processing while using a digital learning software.

Keywords: human information behaviors, situation awareness, serious game, operating room