

Le rôle de la communication d'un chef d'équipe dans l'élaboration collective de la conscience de la situation : Le cas du Maître de central dans l'équipe Sécurité-Plongée des sous-marins nucléaires d'attaque

Vincent Tardan

▶ To cite this version:

Vincent Tardan. Le rôle de la communication d'un chef d'équipe dans l'élaboration collective de la conscience de la situation : Le cas du Maître de central dans l'équipe Sécurité-Plongée des sous-marins nucléaires d'attaque. Psychologie. Université Paris-Saclay, 2020. Français. NNT : 2020UPASS064 . tel-02925952

HAL Id: tel-02925952 https://theses.hal.science/tel-02925952

Submitted on 31 Aug 2020

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.



Le rôle de la communication d'un chef d'équipe dans l'élaboration collective de la conscience de la situation Le cas du Maître de central dans l'équipe Sécurité-Plongée des sous-marins nucléaires d'attaque

Thèse de doctorat de l'université Paris-Saclay

École doctorale n° 566 : sciences du sport, de la motricité et du mouvement humain (SSMMH)

Spécialité de doctorat: Ergonomie

Unité de recherche : Institut de Recherche Biomédicale des Armées Référent : Faculté des sciences et techniques des activités physiques et sportives

Thèse présentée et soutenue à Paris, le 8 janvier 2020, par

Vincent TARDAN

Composition du Jury

Guy André BOY

Professeur des universités, Centrale Supélec, LGI

Mickaël CAUSSE

Professeur des universités, ISAE

Patrick MILLOT

Professeur des universités, LAMIH

Bertrand ELIE

Médecin chef du service de santé pour les forces sous-marines

Anne-Claire MACQUET

Chercheuse, HDR, INSEP

Françoise DARSES

Professeure des universités, IRBA

Léonore BOURGEON

Docteur, IRBA

Président

Rapporteur & Examinateur

Rapporteur & Examinateur

Examinateur

Examinatrice

Directrice de thèse

Co-encadrante & Examinatrice

REMERCIEMENTS

Je remercie la Médecin générale inspecteur Sailliol, directrice de l'IRBA, qui m'a accueilli dans son établissement. Je remercie également le Médecin chef des services de classe normale Canini, directeur scientifique de l'IRBA, d'avoir porté un intérêt particulier à mes travaux ainsi que pour ses encouragements très positifs.

Cette recherche doctorale s'est inscrite dans deux projets BIOMEDEF successifs (PDH-1-SMO-3-1003 et PDH-1-SMO-3-1005) financés par la Direction Générale de l'Armement. Ces projets ont permis d'engager en 2013 une collaboration entre le service de santé et les forces sous-marines, soutenue par le vice-amiral de Coriolis et encouragée par le Médecin chef des services de classe normale Cuvillier. Notre travail de thèse n'aurait pas pu se dérouler sans l'intérêt que lui a porté Mme Fabienne Padlo (DGA-Techniques navales) et l'accueil enthousiaste que les directeurs successifs de l'ENSM nous ont réservé. Grâce à eux, nous avons pu être associés à plusieurs campagnes d'entraînement au simulateur SIRIUS.

Je remercie Monsieur le Professeur Patrick Millot et Monsieur le Professeur Mickaël Causse d'avoir accepté d'être rapporteur de ma thèse. Leurs remarques m'ont permis de prendre du recul sur le travail accompli, d'en apprécier les qualités et les défauts et d'envisager de futurs travaux avec un œil plus avisé. Je tiens à remercier le Capitaine de Frégate Benoit Lemire, chef d'état-major de l'ESNLE, le Médecin Chef du service de santé pour les forces sous-marines Bertrand Elie, Monsieur le Professeur Guy André Boy, et Mme Anne-Claire Macquet, d'avoir accepté d'examiner mon mémoire de thèse. Je remercie également Vincent Boccara d'avoir participé à mon comité de suivi de thèse, et dont les conseils ont fait avancer ma réflexion.

Je souhaite exprimer ma gratitude à Madame le Professeur Françoise Darses, pour m'avoir guidé pendant cette parenthèse de cinq ans qui m'a beaucoup enrichi professionnellement et personnellement. Merci pour votre exigence qui a toujours été à la hauteur de votre bienveillance à mon égard. Je retiendrai particulièrement votre capacité inspirante à créer du mouvement, même lorsque les obstacles théoriques, techniques ou administratifs semblent empêcher toute issue favorable. Un grand merci au Capitaine Léonore Bourgeon, qui m'a accompagné le long de ce chemin, entre Toulon et Brétigny, avec une confiance et une patience qui m'ont été précieuses. Vos conseils et vos encouragements ont contribué à créer un environnement de travail propice à des discussions et des débats sincères et riches en enseignements pour moi. Sur un plan plus personnel, l'intérêt que vous avez porté à mon bien-être a participé à rendre ma vie quotidienne sur base significativement plus agréable.

Il n'y aurait pas pu y avoir de thèse sans recueil de données. Je remercie par conséquent toutes les équipes d'entraînement et d'instruction du Sirius, avec une mention particulière pour le Lieutenant de Vaisseau Guéguen pour la relecture, ainsi que le Maître Principal Gourbière, dont l'implication dans le

projet a grandement facilité mon intégration dans les séances d'entrainement au sein du simulateur et ma compréhension de l'activité. Cette compréhension de l'activité a aussi été facilitée par la participation de Mme Drodz-Verly de la DGA. Et je n'oublie pas tous les opérateurs qui ont accepté de participer à la simulation dans une situation qui présentait un enjeu pour eux.

Mes remerciements vont également au Capitaine de Frégate Lemire pour son invitation, au Capitaine de Vaisseau Burin des Roziers et au Capitaine de Frégate Lambert pour m'avoir permis d'embarquer à bord, ainsi qu'au Médecin principal Rose d'avoir facilité mon intégration au sein de l'équipage. Conscient que cette expérience à bord du Vigilant est exceptionnelle, j'en garderai un souvenir inoubliable.

J'adresse plus largement ma reconnaissance à toutes les personnes qui ont participé à la réalisation de ce projet de thèse. Anthony Vacher, on peut dire que tu as représenté mon schnorchel et mon périscope pendant ces dernières années, en m'offrant ton écoute et ton aide avec la discrétion que l'on te connaît (même pendant le week-end). Alexis, Yacine, Clara et Elodie, sans votre implication sans faille dans la dernière ligne droite, je n'aurai certainement pas pu déposer à temps. Baptiste Dozias merci n fois pour l'aide précieuse que tu m'as apportée dans le travail de fourmi qu'a représenté le traitement des données, sans ne jamais montrer la moindre exaspération, et qui t'a rendu indispensable à la réalisation de ce projet (n = le nombre de frames que tu as codées). Véronique Chastres, tu m'as apporté bien plus qu'une aide statistique, ta curiosité et ta gentillesse n'ont d'égal que ton amour pour la douce mélodie d'une balle caoutchoutée bien frappée! Je souhaite également remercier Brigitte et Marie-Christine, dont le travail rend possible celui des autres, Arnaud Rabat et Jean-Claude Ardouin.

Un merci chaleureux à tous les membres du département NSCO, Julie, Wally, Solenn, Nelly, Charly, Guillaume, Clara, Anne-Emmanuelle, Marine, Pascaline, Jean-Christophe, Cyril, Franck.

Enfin, merci à mes parents de m'avoir tout donné sans retenue, pour votre gentillesse et votre simplicité, votre exemple a été la plus utile des écoles de la vie. Merci Simon, ta sensibilité me pousse au quotidien à devenir une meilleure personne, et ton humour est un remède à tous les maux!

Une pensée pour tous les copains qui ont supporté mes longs silences pendant mon ermitage, Pierre et nos 10 ans d'aventures incroyables, Deborah, modèle argonaute de sagesse, à l'Arca'Club, Thomas, Noémie(s), Louis, Antoine, Thibault, Gaëtan (diamant brut), à mes partenaires de grimpe, Valentin, Laurie, Paul, Laurel, Théo, Mel, Antho, Lulu, Dorine, et tous ceux que j'oublie. Une mention spéciale pour Laurent Cazal qui m'a inspiré dans la voie de la compréhension de l'humain dans sa complexité, et qui m'a fourni une béquille lorsque j'en ai eu besoin. Merci Adeline d'avoir attendu, pour ta joie de vivre et ta douce folie.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	20
CHAPITRE I. CONTEXTE MILITAIRE ET ENJEUX POUR LES FACTEURS HUMA	INS 20
I.1. LES SOUS-MARINS NUCLEAIRES D'ATTAQUE (SNA): DES SYSTEMES SOCIOTECHNIQUES A RISQUES TRES SPECIFIQUE	s 20
I.1.1. Description générale des SNA	
I.1.2. Un environnement à forte dynamique contraignant les sous-mariniers à agir dans l'incerti	
I.1.3. Un travail collectif distribué entre sous-mariniers sur plusieurs niveaux organisationnels	
I.1.4. L'importance de la Conscience de la Situation pour les membres de l'équipe Sécurité-Plor	
I.2. LE PROGRAMME DE DEPLOIEMENT DES SNA NOUVELLE GENERATION (SUFFREN) : UNE RUPTURE TECHNOLOGIQUE S	
D'IMPACTER L'ELABORATION DE LA CS	
I.2.1. Une rupture technologique majeure : automatisation et introduction d'interfaces graphiq	
I.2.2. Défi « facteurs humains » : renforcement du besoin d'identifier les processus d'élaboration dans l'équipe SP	
CHAPITRE II. TERRAIN D'ETUDE : L'EQUIPE SECURITE-PLONGEE A BORD D	ES
SNA	
II.1. Phases d'activite et contraintes au sein des SNA	
II.1.1. Cycles et phases d'activité des SNA	
II.1.2. Contraintes pesant sur l'activité à bord des SNA	
II.2. UNE STRUCTURE HIERARCHISEE DE TYPE COMMAND AND CONTROL	
II.2.1. L'équipage d'un SNA : un collectif de collectifs	
II.2.2. Rôles et tâches prescrites des membres de l'équipe SP et de ses interlocuteurs directs	
II.2.3. Les interactions dans le module SP	
II.3. DIFFICULTES RENCONTREES PAR L'EQUIPE SP DANS LEUR ACTIVITE	
II.3.1. Difficultés relatives aux processus collaboratifs au sein du module sécurité-plongée	
II.3.2. Astreintes physiologiques et psychologiques liées à l'activité au sein de l'équipe SP	3/
CHAPITRE III. ENJEUX PSYCHO-ERGONOMIQUES LIES A L'ACTIVITE DE L'EQ	UIPE
SP	
III.1. CARACTERISTIQUES COGNITIVES DU CONTROLE DE PROCESSUS DANS LE MODULE SP DES SNA	40
III.2. ENJEUX PSYCHO-ERGONOMIQUES LIES A L'ACTIVITE DU CHEF D'EQUIPE	41
III.3. OBJECTIFS ET PLAN DE LA THESE	42
PARTIE THEORIQUE	46
CHAPITRE IV. ELABORATION DE LA CONSCIENCE DE LA SITUATION D'UN IN	
DANS UN ENVIRONNEMENT DYNAMIQUE ET A RISQUES	
DANS ON ENVIRONNEMENT DINAMIQUE ET A RISQUES	40
IV.1. GESTION D'UN ENVIRONNEMENT DYNAMIQUE, COMPLEXE ET A RISQUES : PROPRIETES ET IMPACTS SUR LE FONCTI	
COGNITIF D'UN OPERATEUR	_
IV.2. EMERGENCE ET DEVELOPPEMENT DU CONCEPT DE CONSCIENCE DE LA SITUATION	_
IV.3. MODELES THEORIQUES DE LA CONSCIENCE DE LA SITUATION INDIVIDUELLE	
IV.3.1. Approche « linéaire » : le modèle cognitif d'Endsley (1995)	
IV.3.2. Approche « réactive » : modèle du <i>Sensemaking</i> de Klein (1995)	
IV.3.3. Approche « réflexive et motivationnelle » : le modèle fonctionnel de l'activité de réflexion (1998)	
d'orientation de Bedny & Meister (1999)	
IV.3.4. Approche « centrée sur les contraintes »	
IV.3.5. Approche « centrée sur la régulation » : le modèle Gestion de Situation Dynamique GSD Amalberti	
IV.4. MISE EN PERSPECTIVE DES MODELES	
IV.5. DISCUSSION AU REGARD DES FONDEMENTS EPISTEMOLOGIQUES DES MODELES	
IV.5.1. Le modèle à trois niveaux d'Endsley : une ontologie cartésienne critiquée	
IV 5.2. Une catégorisation des visions paradigmatiques intéressante mais floue	

CHAPITRE V. L'ELABORATION DE LA CONSCIENCE DE LA SITUATION DANS U SYSTEME SOCIOTECHNIQUE COMPLEXE	
V.1. Modeles theoriques collectifs de la CS	
V.1. MODELES THEORIQUES COLLECTIFS DE LA CS V.1.1. Approches de la CS centrées sur l'équipe	
V.1.2. Approches de la CS centrées sur le système sociotechnique	
V.1.2. Approches de la CS centrees sur le système sociotechnique	
CHAPITRE VI. METHODES PERMETTANT L'ANALYSE DE LA CS	87
VI.1. CATEGORISATION DES METHODES	
VI.2. METHODES S'INSCRIVANT DANS DES MODELES COGNITIFS DE L'ANALYSE DE L'ACTIVITE	
VI.2.1. Mesurer la CS en tant que produit	
VI.2.2. Méthodes d'analyse des processus d'élaboration de la CS : les activités cognitives objective	
les comportements	
VI.3. METHODES S'INSCRIVANT DANS DES MODELES SOCIOCOGNITIFS DE L'ANALYSE DE L'ACTIVITE	
VI.3.1. Social Network Analysis: théorie et point méthodologique	
VI.3.2. La méthode Event-Analysis of Systematic Team-Work (EAST)	
VI.3.3. La structuration du réseau interactionnel comme fenêtre sur les processus d'élaboration d	
VI.3.4. La prise d'informations visuelles : une fenêtre sur les stratégies de prise d'informations	
VI.4. SYNTHESE ET DISCUSSION DES METHODES D'ANALYSE DE LA CS DANS UN SYSTEME SOCIOTECHNIQUE COMPLEXE	102
CHAPITRE VII. LE CHEF D'EQUIPE : MAILLON CENTRAL DES INTERACTIONS A	
SEIN DU SYSTEME SOCIOTECHNIQUE COMPLEXE	105
VII.1. LES ORGANISATIONS DE TYPE COMMAND AND CONTROL (C2)	105
VII.2. CARACTERISTIQUES DE LA COOPERATION AU SEIN DU SYSTEME SOCIOTECHNIQUE COMPLEXE	
VII.3. LA PLACE D'UN CHEF D'EQUIPE DANS UN SYSTEME SOCIOTECHNIQUE COMPLEXE : APPORTS DES ETUDES SUR LE LEADERSHIP	
CHAPITRE VIII. PROBLEMATIQUE DE RECHERCHE	111
VIII.1. NECESSITE D'IDENTIFIER FINEMENT LES CARACTERISTIQUES COGNITIVES ET SITUATIONNELLES DE L'ACTIVITE QUI	
CONTRAIGNENT L'ELABORATION DE LA CONSCIENCE DE LA SITUATION COLLECTIVE DE L'EQUIPE SP	
VIII.2. LA NOTION DE « CONSCIENCE DE LA SITUATION » N'A DE SENS QUE LORSQU'ELLE EST CONTEXTUALISEE ET RAPPOR	
CADRE THEORIQUE ADAPTE: IL N'Y A PAS DE « BONNE » OU DE « MAUVAISE » CONSCIENCE DE LA SITUATION	
VIII.3. DANS UNE ORGANISATION C2, ON NE PEUT ETUDIER LA CONSCIENCE DE LA SITUATION QU'EN PRENANT EN COMPT	
SPECIFIQUE DU CHEF D'EQUIPE DANS LE RESEAU DE COMMUNICATION	
VIII.4. NECESSITE D'ETUDIER LA CONSCIENCE DE LA SITUATION COLLECTIVE DE L'EQUIPE SP EN ARTICULANT DEUX APPROC	
COMPLEMENTAIRES DE LA COMMUNICATION	114
VIII.5. PROGRAMME DE RECHERCHE	115
PARTIE EMPIRIQUE	118
CHAPITRE IX. CADRE METHODOLOGIQUE	118
IX.1. Participants	118
IX.1.1. Caractéristiques des simulations	
IX.1.2. Profils des opérateurs, en termes d'expérience générale et d'expérience au poste	
IX.2. DISPOSITIF DE RECUEIL DE DONNEES.	
IX.2.1. Plateforme Sirius	
IX.2.2. Scenario	
IX.2.3. Déroulement de l'expérience	
IX.3. METHODES DE RECUEIL DE DONNÉES	
IX.3.1. Observations outillées	
IX.3.2. Entretiens post-activité	
IX.4. METHODES DE TRAITEMENT DES DONNEES	
IX.4.1. Traitement des données verbales simultanées	124
IX.4.2. Traitement des données verbales post-activité	

	127
CHAPITRE X. ETUDE 1 : ANALYSE DE L'ACTIVIT	E DE L'EOUIPE SECURITE-PLONGEE
EN Z2	_
X.1. OBJECTIFS	
X.2. METHODE DE TRAITEMENT DES DONNEES	
X.2.1. Description des conditions d'atteinte des objectifs d	
X.2.2. Identification des tâches sur la base d'une analyse d	
X.2.2. Identification des taches sur la base d'une analyse d X.2.3. Représentation temporelle de l'articulation des tâch	
X.2.4. Construction d'un indicateur d'enchaînement des tâct	
X.2.4. Construction a un indicateur a enchainement des ta X.3. RESULTATS	
X.3.1. Description des conditions d'atteinte des buts spéci	
X.3.2. Identification des opérateurs impliqués dans la réali	
DE PROBLEME en Z2	
X.3.3. Description quantitative des tâches réalisées et des	
X.3.4. Constitution d'un indice performance relatif à la con	
X.3.5. Analyse de la gestion des tâches en fonction de la p	
périscopique	143
X.3.6. Analyse de l'articulation des tâches au cours de la Z	2145
X.4. DISCUSSION	148
X.4.1. Le rôle central du MDC dans la gestion collective de	
X.4.2. Réalisation de la pesée : une tâche importante dans	la réussite opérationnelle149
X.4.3. L'importance du compromis entre réalisation optim	ale de la pesée et maintien de l'immersion
périscopique	
X.4.4. Des stratégies de gestion temporelle des tâches var	iables en fonction des équipes151
RESEAU DE COMMUNICATION, EN FONCTI PERFORMANCE DE L'EQUIPE	
XI.1. OBJECTIFS ET HYPOTHESES GENERALES	
XI.2. METHODES D'ANALYSE DE DONNEES	
XI.2.1. Variable indépendante : Expérience des opérateurs	
XI.2.2. Variables observées relatives à la performance colle	
XI.2.3. Variables observées relatives aux caractéristiques s	
XI.3. RESULTATS DESCRIPTIFS DU RESEAU DE COMMUNICATION DE L'EQUIP	
XI.3.1. Importance des opérateurs de l'équipe Central-SP o	
VI 4 A4 F	160
XI.4. Axe 1 : Effet DE L'EXPERIENCE DES MEMBRES DU MODULE SP SUR L'	
L'EQUIPE CENTRAL-SECURITE-PLONGEE	
L'EQUIPE CENTRAL-SECURITE-PLONGEEXI.4.1. Effet de l'expérience du MDC sur la centralisation d	ARCHITECTURE DU RESEAU DE COMMUNICATION DE 164 164 167
L'EQUIPE CENTRAL-SECURITE-PLONGEEXI.4.1. Effet de l'expérience du MDC sur la centralisation d XI.4.2. Effet de l'expérience des membres de l'équipe SP-C	ARCHITECTURE DU RESEAU DE COMMUNICATION DE
L'EQUIPE CENTRAL-SECURITE-PLONGEEXI.4.1. Effet de l'expérience du MDC sur la centralisation d XI.4.2. Effet de l'expérience des membres de l'équipe SP-C XI.4.3. Effet de l'expérience des opérateurs sur la contribu	ARCHITECTURE DU RESEAU DE COMMUNICATION DE
L'EQUIPE CENTRAL-SECURITE-PLONGEEXI.4.1. Effet de l'expérience du MDC sur la centralisation d XI.4.2. Effet de l'expérience des membres de l'équipe SP-C XI.4.3. Effet de l'expérience des opérateurs sur la contribu OCQ	ARCHITECTURE DU RESEAU DE COMMUNICATION DE
L'EQUIPE CENTRAL-SECURITE-PLONGEEXI.4.1. Effet de l'expérience du MDC sur la centralisation d XI.4.2. Effet de l'expérience des membres de l'équipe SP-C XI.4.3. Effet de l'expérience des opérateurs sur la contribu OCQXI.4.4. Effet de l'expérience du MDC sur le compromis ent	ARCHITECTURE DU RESEAU DE COMMUNICATION DE 164 du réseau
L'EQUIPE CENTRAL-SECURITE-PLONGEEXI.4.1. Effet de l'expérience du MDC sur la centralisation d XI.4.2. Effet de l'expérience des membres de l'équipe SP-C XI.4.3. Effet de l'expérience des opérateurs sur la contribu OCQXI.4.4. Effet de l'expérience du MDC sur le compromis ent versus communication avec l'équipe SP	ARCHITECTURE DU RESEAU DE COMMUNICATION DE 164 du réseau
L'EQUIPE CENTRAL-SECURITE-PLONGEEXI.4.1. Effet de l'expérience du MDC sur la centralisation d XI.4.2. Effet de l'expérience des membres de l'équipe SP-C XI.4.3. Effet de l'expérience des opérateurs sur la contribu OCQXI.4.4. Effet de l'expérience du MDC sur le compromis ent	ARCHITECTURE DU RESEAU DE COMMUNICATION DE
L'EQUIPE CENTRAL-SECURITE-PLONGEE XI.4.1. Effet de l'expérience du MDC sur la centralisation de XI.4.2. Effet de l'expérience des membres de l'équipe SP-C XI.4.3. Effet de l'expérience des opérateurs sur la contribu OCQ	ARCHITECTURE DU RESEAU DE COMMUNICATION DE 164 du réseau
L'EQUIPE CENTRAL-SECURITE-PLONGEE XI.4.1. Effet de l'expérience du MDC sur la centralisation de XI.4.2. Effet de l'expérience des membres de l'équipe SP-C XI.4.3. Effet de l'expérience des opérateurs sur la contribu OCQ	ARCHITECTURE DU RESEAU DE COMMUNICATION DE 164 du réseau
L'EQUIPE CENTRAL-SECURITE-PLONGEE XI.4.1. Effet de l'expérience du MDC sur la centralisation d XI.4.2. Effet de l'expérience des membres de l'équipe SP-C XI.4.3. Effet de l'expérience des opérateurs sur la contribu OCQ XI.4.4. Effet de l'expérience du MDC sur le compromis ent versus communication avec l'équipe SP XI.5. Synthèse et interprétation des résultats de l'Axe 1 . XI.5. AXE 2 : LIEN ENTRE L'ARCHITECTURE DU RESEAU DE COMMUNICATION COLLECTIVE D'IDENTIFICATION DE PROBLEME XI.5.1. Lien entre la centralisation du réseau et la perform. XI.5.2. Lien entre l'importance des opérateurs de l'équipe	ARCHITECTURE DU RESEAU DE COMMUNICATION DE
L'EQUIPE CENTRAL-SECURITE-PLONGEE XI.4.1. Effet de l'expérience du MDC sur la centralisation de XI.4.2. Effet de l'expérience des membres de l'équipe SP-CAI.4.3. Effet de l'expérience des opérateurs sur la contribut OCQ	ARCHITECTURE DU RESEAU DE COMMUNICATION DE
L'EQUIPE CENTRAL-SECURITE-PLONGEE XI.4.1. Effet de l'expérience du MDC sur la centralisation d XI.4.2. Effet de l'expérience des membres de l'équipe SP-C XI.4.3. Effet de l'expérience des opérateurs sur la contribu OCQ XI.4.4. Effet de l'expérience du MDC sur le compromis ent versus communication avec l'équipe SP XI.5. Synthèse et interprétation des résultats de l'Axe 1 . XI.5. AXE 2 : LIEN ENTRE L'ARCHITECTURE DU RESEAU DE COMMUNICATION COLLECTIVE D'IDENTIFICATION DE PROBLEME XI.5.1. Lien entre la centralisation du réseau et la perform. XI.5.2. Lien entre l'importance des opérateurs de l'équipe	ARCHITECTURE DU RESEAU DE COMMUNICATION DE

XI.6. DISCUSSION	187
XI.6.1. Discussion des principaux résultats	187
XI.6.2. Besoin d'une analyse plus fine des transactions	191
XI.6.3. Nécessité de développer des métriques collectives adaptées au réseau étudié	191
CHAPITRE XII. ETUDE 3 : EMERGENCE D'UNE CONSCIENCE COLLECTIVE DE SITUATION (CCS) : UN PROCESSUS DYNAMIQUE DE TRANSACTIONS DI	E
CONSCIENCE INDIVIDUELLE DE LA SITUATION (CIS)	193
XII.1. OBJECTIFS	193
XII.2. PRINCIPES CONCEPTUELS ET METHODOLOGIQUES	
XII.2.1. Articuler deux notions complémentaires : la Conscience collective de la situation (CcS) e	et la
Conscience individuelle de la situation (CiS)	193
XII.2.2. Choix des tâches	
XII.2.3. Nécessité d'un modèle-cadre pour décrire les mécanismes d'élaboration de la CcS en si	
dynamique et à risques	
XII.2.4. Le modèle transactionnel de la conscience de la situation : TRANSACTIVESA	
XII.3. METHODOLOGIE DE TRAITEMENT DES DONNEES VERBALES	
XII.3.1. Principes méthodologiques	
XII.3.2. Codage des données verbales	
XII.4. RESULTATS DESCRIPTIFS	
XII.4.1. Modalités de Transaction impliquant le MDC et relatives aux tâches de gestion de la pe	
tenue de l'ip	
XII.4.2. Proportion des activités Cognitives Elémentaires	
XII.4.3. Objets de communication	
XII.5. AXE 1 : EFFET DE L'EXPERIENCE DES MEMBRES DE L'EQUIPE SP-OCQ SUR LES TRANSACTIONS DE CIS IMPLIQUAN	
MDC	
XII.5.1. Effet de l'expérience des coéquipiers du MDC sur la façon dont ils manifestent leur CiS	
XII.5.2. Effet de l'expérience du MDC sur la façon dont il manifeste sa CiS à ses coéquipiers	
XII.5.3. Effet de l'expérience des coéquipiers sur la façon dont le MDC leur manifeste sa CiS XII.5.4. Effet de l'expérience du MDC sur la façon dont l'OCQ lui manifeste sa CiS	
XII.5.4. Effet de l'experience du MDC sur la laçon dont l'OCQ lui manifeste sa Cis	
XII.5.5. SYNTHESE ET INTER PRETATION DES RESULTATS DE L'AXE 1	
IMPLIQUANT LE MDC	
XII.6.1. Lien entre la tenue de l'IP et les activités d'alimentation de la CiS du MDC par ses coéqu	
XII.6.2. Lien entre la tenue de l'IP et les activites à allimentation de la Ci3 du MDC par ses coequiplers	•
XII.6.3. Lien entre l'identification du problème de bypass et les activités d'alimentation de la Ci	
par ses coéquipiers	
XII.6.4. Lien entre l'identification du problème de bypass et la façon dont le MDC manifeste sa	
coéquipiers	
XII.6.5. Synthèse et interprétation des résultats de l'axe 2	
XII.7. DISCUSSION DE L'ETUDE 3	
XII.7.1. Effet de l'expérience des opérateurs sur les transactions de CiS au sein de l'équipe SP-C	
XII.7.2. Lien entre la performance collective et les transactions de CiS au sein de l'équipe SP-OC	
impliquant le MDC	
CHADITED VIII DICCHOLOGION CENEDALE ET DETOMBERCADDI ICATIVEC	220
CHAPITRE XIII. DISCUSSION GENERALE ET RETOMBEES APPLICATIVES	239
XIII.1. SPECIFICITES DE L'ACTIVITE DES EQUIPES SP CONFRONTEES A DES ACTIVITES DE RESOLUTION DE PROBLEMES CON	√PLEXES EN
SITUATION DE SIMULATION DE MISSION OPERATIONNELLE	
XIII.2. VERS UN MODELE TRANSACTIONNEL DE LA CONSCIENCE DE LA SITUATION	240
XIII.2.1. Modéliser la conscience collective de la situation en termes de transactions : le modèle	j
TransactiveSA	
XIII.2.2. Un ajustement des transactions de Conscience individuelle de la Situation (CiS) qui dép	
caractéristiques situationnelles et individuelles	241

GLOSSAIRE	320
ANNEXES	267
CHAPITRE XV. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	253
XIV.3. Perspectives	250
XIV.2. ATOUTS ET LIMITES DE LA METHODOLOGIE	
XIV.1.3. Limite du modèle TransactiveSA	248
XIV.1.2. Apports épistémiques	
XIV.1. APPORTS THEORIQUES POUR L'ETUDE DE LA CS COLLECTIVE EN ENVIRONNEMENT DYNAMIQUE	
CHAPITRE XIV. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	247
XIII.3.2. Faire prendre conscience des bénéfices apportés par l'élaboration collective de la conscier situation, au travers de formations SRM (Submarine Resource Management)	
XIII.3.1. Entraîner la communication	244
d'identification de problème	
XIII.2.4. Caractéristiques des transactions de CiS associées à la réussite opérationnelle d'une tâche	
XIII.2.3. Caractéristiques des transactions de CiS associées à la réussite opérationnelle d'une tâche conduite	

LISTE DES FIGURES

Figure 1. — Photographies d'un SNA français de classe Rubis (Source : Marine Nationale)20
Figure 2. — Représentation schématique de l'organisation spatiale des compartiments d'un SNA22
Figure 3. — Représentation schématique de l'organisation collective du Poste Central Navigation Opérations (PCNO), composé d'un Commandement, de l'équipe Sécurité-Plongée et du Central Opérations, en interaction avec l'équipe du Poste Central de Propulsion (PCP) et d'opérateurs isolés (Auxiliaires 1 et 2 et Rondier)
Figure 4. — Photographie du Poste Central Navigation Opérations (PCNO) d'un SNA français. L'équipe Sécurité-Plongée apparaît sur la partie gauche et le Central Opérations à droite31
Figure 5. — Prise de vue du module SP. On distingue en bas à droite le barreur, l'opérateur TSP assis devant son tableau de contrôle, en bas à gauche le MDC, au fond en chemise claire l'OCQ et derrière lui de dos le sondeur
Figure 6. — Prise de vue du poste de pilotage du barreur. L'image a été floutée pour des raisons de confidentialité
Figure 7. — Modèle de Conscience de la Situation (Endsley, 1995, traduit par Chauvin, Closterman et Hoc (2008)
Figure 8. — Articulation entre les concepts de Schéma, de Modèle mental et de Conscience de la Situation (Jones & Endsley, 2000 traduit par Bailly 2004)54
Figure 9. — Théorie Data/Frame du sensemaking (Klein, 2006)
Figure 10. — Modèle de l'activité de réflexion et d'orientation (Bedny & Meister, 1999 ; traduit par Bailly, 2004)
Figure 11. — Modèle écologique de la conscience de la situation (Smith et Hancock, 1994 ; notre traduction)
Figure 12. — Version étendue du cycle perception-action de Neisser (Adams, Tenney & Pew, 1995 ; traduit par Bailly, 2004)
Figure 13. — Modèle de Gestion de Situation Dynamique (Hoc et Amalberti, 1994)66
Figure 14. — Modèle de CS d'équipe (Team SA) par Endsley & Jones 2001 (notre traduction)77
Figure 15. — Modèle de CS d'une équipe dont l'activité implique l'utilisation d'un <i>Common Work Space</i>
Figure 16. — Modèle synthétique des mécanismes d'élaboration individuels et collectifs de la CS (traduit de Salmon (2008) par Millot (2013)
Figure 17. — Représentation schématique des postes occupés par les opérateurs et joués par les entraîneurs dans le dispositif de simulation
Figure 18. — Prise de vue du simulateur pleine échelle du module Sécurité-Plongée de l'ENSM120
Figure 19. — Représentation schématique du principe de construction des chronogrammes129
Figure 20. — Représentation schématique du principe de construction des <i>blocs de tâche</i> 131
Figure 21. — Proportion d'énoncés portant sur les tâches de CONDUITE et de RESOLUTION DE PROBLEME (hors bypass) en fonction de la performance d'identification du problème d'avarie de bypass140
Figure 22. —Répartition des énoncés relatifs à chaque tâche en fonction de la performance de CONDUITE
Figure 23 — Chronogramme d'activité de l'équipe 13146
Figure 24 — Chronogramme d'activité de l'équipe 14146

Figure 25. — Indice de centralité des opérateurs de l'équipe SP-OCQ et du commandant pour chaque équipe159
Figure 26. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC à chacun de ses coéquipiers pour chaque équipe
Figure 27. — Proportion d'énoncés reçus par le MDC de chacun de ses coéquipiers pour chaque équipe
Figure 28. — Proportion d'énoncés (échanges) reçus et transmis par le MDC en fonction de ses interlocuteurs
Figure 29. — <i>Centralisation</i> du réseau de l'équipe Central-SP en fonction de l'expérience du MDC, objectivée par la moyenne des variances intra-équipe du <i>DEGRE DE CENTRALITE</i>
Figure 30. — <i>Centralité</i> des opérateurs de l'équipe SP-OCQ en fonction de leurs expériences respectives à leur poste
Figure 31. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC et par les autres opérateurs en fonction de l'expérience des membres de l'équipe SP-OCQ
Figure 32. — Proportion d'énoncés reçus par le MDC et par les autres opérateurs en fonction de l'expérience des membres de l'équipe SP-OCQ
Figure 33. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC aux différents groupes en fonction de l'expérience du MDC171
Figure 34. — Proportion d'énoncés reçus par le MDC et transmis par les différents groupes en fonction de l'expérience du MDC
Figure 35. — Centralisation du réseau de l'équipe Central-SP objectivée par la variancedu degré de centralité en fonction de la perfomance collective de tenue de l'IP et d'identification de problème176
Figure 36. — <i>Centralité</i> du MDC, du barreur et de l'OCQ en fonction de la performance de tenue de l'IP
Figure 37. — <i>Centralité</i> du MDC et du TSP en fonction de la performance d'identification de problème de bypass
Figure 38. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC et par les autres opérateurs, en fonction de la performance de tenue de l'IP
Figure 39. — Proportion d'énoncés reçus par le MDC et par les autres opérateurs en fonction de la performance de tenue de l'IP
Figure 40. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC et par les autres opérateurs en fonction de la performance d'identification de problème de bypass181
Figure 41. — Proportion d'énoncés reçus par le MDC et par les autres opérateurs en fonction de la performance d'identification de problème de bypass
Figure 42. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC aux différents groupes en fonction de la performance de tenue de l'IP
Figure 43. — Proportion d'énoncés reçus par le MDC et transmis par les différents groupes en fonction de la performance de de tenue de l'IP
Figure 44. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC aux différents groupes en fonction de la performance d'identification de problème
Figure 45. — Proportion d'énoncés reçus par le MDC et transmis par les différents groupes en fonction de la performance d'identification de problème
Figure 46. — Module de construction de la Conscience individuelle de la Situation196

Figure 47. — Modèle TRANSACTIVESA
Figure 48. — Répartition des énoncés de l'ensemble des 15 équipes en fonction de la MODALITE DE TRANSACTION, considérant le MDC comme point de référence
Figure 49. — Nombre d'énoncés relatifs à l'ACTIVITE COGNITIVE ELEMENTAIRE (ACE) pour l'ensemble des 15 équipes
Figure 50. — Répartition des énoncés de l'ensemble des 15 équipes en fonction du NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS
Figure 51. — Répartition des énoncés de l'ensemble des 15 équipes en fonction de l'OBJET DE COMMUNICATION
Figure 52. — Répartition des énoncés de l'ensemble des 15 équipes en fonction de la MODALITE DE TRANSACTION pour chaque OBJET DE COMMUNICATION
Figure 53. — Répartition des énoncés transmis par le barreur au MDC par NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS en fonction de l'expérience du barreur
Figure 54. — Répartition des énoncés transmis par le TSP au MDC par NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS en fonction de l'expérience du TSP
Figure 55. — Répartition des énoncés transmis par l'OCQ au MDC par ACTIVITE COGNITIVE ELEMENTAIRE en fonction de l'expérience de l'OCQ213
Figure 56. — Répartition des énoncés transmis par le MDC au barreur par NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS en fonction de l'expérience du MDC215
Figure 57. — Répartition des énoncés transmis par le MDC à l'OCQ par NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS en fonction de l'expérience du MDC
Figure 58. — Répartition des énoncés transmis par le MDC au barreur par NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS en fonction de l'expérience du barreur
Figure 59. — Répartition des énoncés transmis par le MDC à l'OCQ par ACTIVITE COGNITIVE ELEMENTAIRE en fonction de l'expérience de l'OCQ218
Figure 60. — Répartition des énoncés transmis par l'OCQ au MDC par NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS en fonction de l'expérience du MDC
Figure 61. — Répartition des énoncés transmis par le BAR au MDC par NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS en fonction de la performance de tenue de l'IP
Figure 62. — Répartition des énoncés transmis par l'OCQ au MDC par NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS en fonction de la performance de tenue de l'IP
Figure 63. — Répartition des énoncés transmis par le MDC au barreur par ACTIVITE COGNITIVE ELEMENTAIRE en fonction de la performance de tenue de l'IP226
Figure 64. — Répartition des énoncés transmis par le MDC au TSP par NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS en fonction de la performance de tenue de l'IP
Figure 65. — Répartition des énoncés transmis par le MDC à l'OCQ par ACTIVITE COGNITIVE ELEMENTAIRE en fonction de la performance de tenue de l'IP227
Figure 66. — Répartition des énoncés transmis par le barreur au MDC par ACTIVITE COGNITIVE ELEMENTAIRE en fonction de la performance d'identification du problème de bypass229
Figure 67. — Répartition des énoncés transmis par le TSP au MDC par NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS en fonction de la performance d'identification du problème de bypass
Figure 68. — Répartition des énoncés transmis par le MDC au barreur par NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS en fonction de la performance d'identification du problème de bypass

Figure 69. — Chronogramme d'activité de l'équipe 1	.272
Figure 70 — Chronogramme d'activité de l'équipe 2	.272
Figure 71 — Chronogramme d'activité de l'équipe 3	.273
Figure 72 — Chronogramme d'activité de l'équipe 4	.273
Figure 73 — Chronogramme d'activité de l'équipe 5	.274
Figure 74 — Chronogramme d'activité de l'équipe 6	.274
Figure 75 — Chronogramme d'activité de l'équipe 7	.275
Figure 76 — Chronogramme d'activité de l'équipe 8	.275
Figure 77 — Chronogramme d'activité de l'équipe 9	.276
Figure 78 — Chronogramme d'activité de l'équipe 10	.276
Figure 79 — Chronogramme d'activité de l'équipe 11	.277
Figure 80 — Chronogramme d'activité de l'équipe 12	.277
Figure 81 — Chronogramme d'activité de l'équipe 17	.278
Figure 82. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC au TSP selon le niveau de gestion informations et en fonction de l'expérience du MDC.	
Figure 83. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC au TSP selon le niveau de gestion informations et en fonction de l'expérience du TSP.	
Figure 84. — Proportion d'énoncés transmis par l'OCQ au MDC selon le niveau de gestion informations et en fonction de l'expérience du MDC.	
Figure 85. — Proportion d'énoncés transmis par le TSP au MDC selon le niveau de gestion informations et en fonction de l'expérience du MDC.	
Figure 86. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC au TSP selon le niveau de gestion informations et en fonction de l'expérience du TSP.	
Figure 87. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC à l'OCQ pour chaque niveau de gestion informations en fonction de la tenue de l'IP.	
Figure 88. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC à l'OCQ pour chaque niveau de gestion informations en fonction de la tenue de l'IP.	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. — Difficultés rencontrées par les membres de l'équipe SP dans la coopération et stratégies développées pour y faire face
Tableau 2. — Caractéristiques et implications des visions sémiotiques dyadique et triadique (adapté et traduit de Flach (2015)
Tableau 3. — Programme de recherche
Tableau 4. — Déroulement et durée de l'expérience
Tableau 5. — Tableau récapitulatif des techniques de recueil de données et du volume des données 123
Tableau 6. — Dénominations des équipes et opérateurs qui les composent
Tableau 7. — Tableau synthétique des opérateurs ayant produit des énoncés portant sur chaque tâche liée à la CONDUITE
Tableau 8. — Tableau synthétique des opérateurs ayant produit des énoncés portant sur chaque tâche liée à la RESOLUTION DE PROBLEME
Tableau 9. — Temps passé par chaque équipe en Z2
Tableau 10. — Proportion d'énoncés relatifs à l'ensemble des tâches de la zone 2 pour chaque équipe (en %)
Tableau 11. — Proportion d'énoncés portant sur les tâches de CONDUITE et de RESOLUTION DE PROBLEME de chaque équipe (en %)
Tableau 12. — Tableau récapitulatif des équipes ayant réussi ou non à tenir l'immersion périscopique en zone 2
Tableau 13. — Tableau récapitulatif des équipes ayant détecté ou non l'avarie de bypass en zone 2.143
Tableau 14. — Moyenne et variance de la taille des <i>blocs de tâche</i> par équipe (en nombre d'énoncés)
Tableau 15. — Taille moyenne des blocs pour chaque tâche et pour chaque équipe (en nombre d'énoncés)
Tableau 16. — Nombre de MDC en fonction de leur niveau d'expérience basé sur le nombre de cycles à la mer qu'ils ont effectués
Tableau 17. — Nombre d'opérateurs en fonction de leur poste et du nombre de cycles qu'ils ont effectués à leur poste actuel
Tableau 18. — Nombre d'équipes ayant réussi ou non à tenir l'immersion périscopique155
Tableau 19. — Nombre d'équipes ayant identifié, ou non, le problème de bypass155
Tableau 20. — Tableau récapitulatif des classes du schème de codage
Tableau 21. — Définitions et exemples des catégories de la classe MODALITE DE TRANSACTION202
Tableau 22. — Définitions et exemples des catégories de la classe ACTIVITE COGNITIVE ELEMENTAIRE (ACE)
Tableau 23. — Définitions et exemples des catégories de la classe OBJETS DE COMMUNICATION204
Tableau 24. — Définitions et exemples des catégories de la classe FONCTIONS DE LA COMMUNICATION
Tableau 25. — Ordres de grandeur et interprétation du kappa de Cohen (Landis & Koch, 1977)206

Tableau 26. — Scores de correspondance inter-juges (<i>Kappa de Cohen</i>) pour chaque équipe codée et pour chaque classe du schème de codage
Tableau 27. — Profil de spécialité et d'expérience des MDC pour chaque équipe. Le nom des SNA a été anonymisé, la lettre correspondant à un SNA et le chiffre à l'équipage267
Tableau 28. — Nombre de cycles effectués par les opérateurs de l'équipe SP-OCQ à leur poste actue pour chaque équipe. Le symbole / représente l'absence de donnée
Tableau 29. — Nombre d'énoncés codés pour chaque tâche en fonction de l'équipe269
Tableau 30. — Nombre d'énoncés par type de tâche et par équipe269
Tableau 31. — Nombre d'énoncés par type de tâche en fonction de l'identification de l'avarie de bypass
Tableau 32. — Immersion maximale atteinte par les équipes en Z2 et identification du problème de bypass. Les immersions en rouge correspondent à la perte de l'IP et les immersions en vert à la tenue de l'IP
Tableau 33. — Nombre d'énoncés par tâche en fonction de la tenue de l'IP
Tableau 34. — Traitement des tâches de résolution de problème par les équipes en Z2270
Tableau 35. — Numéro des équipes en fonction des groupes d'expérience auxquels elles appartiennent
Tableau 36. — Numéro des équipes en fonction des groupes d'expérience auxquels elles appartiennent
Tableau 37. — Centralité des membres de l'équipe SP-OCQ et du commandement pour chaque équipe objectivée par le DEGRE DE CENTRALITE
Tableau 38. — Centralisation du réseau de l'équipe Central-SP pour chaque équipe, objectivée par la variance intra-équipe du DEGRE DE CENTRALITE279
Tableau 39. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC à chacun de ses coéquipiers280
Tableau 40. — Nombre d'énoncés reçus par le MDC de chacun de ses coéquipiers280
Tableau 41. — Nombre d'énoncés échangés entre le MDC et chacun de ses coéquipiers281
Tableau 42. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC et par les autres opérateurs en fonction de l'expérience des membres de l'équipe SP-OCQ
Tableau 43. — Nombre et proportion d'énoncés reçus par le MDC et par les autres opérateurs de l'équipe Central-SP en fonction de l'expérience des membres de l'équipe SP-OCQ282
Tableau 44. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC au commandement, aux membres de l'équipe SP et à toute l'équipe Central-SP
Tableau 45. — Nombre d'énoncés reçus par le MDC du commandement, des membres de l'équipe SF et de toute l'équipe Central-SP
Tableau 46. — Nombre et proportion d'énoncés transmis par le MDC et par les autres membres de l'équipe Central-SP en fonction de la tenue de l'IP
Tableau 47. — Nombre et proportion d'énoncés transmis par le MDC et par les autres membres de l'équipe Central-SP en fonction de l'identification du bypass
Tableau 48. — Nombre et proportion d'énoncés reçus par le MDC et par les autres membres de l'équipe Central-SP en fonction de la tenue de l'IP
Tableau 49. — Nombre et proportion d'énoncés reçus par le MDC et par les autres membres de l'équipe Central-SP en fonction de l'identification du bypass
J1

Tableau 50. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 1285
Tableau 51. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 2
Tableau 52. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 3
Tableau 53. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 4286
Tableau 54. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 5286
Tableau 55. — Matrice de contingence de l'Equipe 8.
Tableau 56. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 9
Tableau 57. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 10
Tableau 58. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 11
Tableau 59. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 12288
Tableau 60. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 13288
Tableau 61. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 14288
Tableau 62. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 17
Tableau 63. — Nombre d'énoncés produits par toutes les équipes pour chaque catégorie de la classe MODALITE DE TRANSACTION
Tableau 64. — Nombre d'énoncés produits par toutes les équipes pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES
Tableau 65. — Nombre d'énoncés produits par toutes les équipes pour chaque niveau de GESTION DES INFORMATIONS
Tableau 66. — Nombre d'énoncés produits par toutes les équipes pour chaque catégorie de la classe OBJET DE COMMUNICATION
Tableau 67. — Nombre d'énoncés produits par toutes les équipes, par MODALITE DE TRANSACTION e en fonction de l'ACTIVITE COGNITIVE ELEMENTAIRE
Tableau 68. — Nombre d'énoncés transmis par le Barreur au MDC selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et de l'expérience du Barreur
Tableau 69. — Nombre d'énoncés transmis par le TSP au MDC selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'expérience du TSP291
Tableau 70. — Nombre d'énoncés transmis par l'OCQ au MDC selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'expérience de l'OCQ
Tableau 71. — Nombre d'énoncés transmis par l'OCQ au MDC pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES
Tableau 72. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC au Barreur selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'expérience du MDC
Tableau 73. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC à l'OCQ selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'expérience du MDC
Tableau 74. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC à l'OCQ pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES et en fonction de l'expérience du MDC292
Tableau 75. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC au Barreur selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'expérience du Barreur
Tableau 76. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC au Barreur selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'expérience du Barreur

Tableau 77. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC à l'OCQ selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'expérience du l'OCQ
Tableau 78. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC à l'OCQ pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES et en fonction de l'expérience de l'OCQ294
Tableau 79. — Nombre d'énoncés transmis par l'OCQ au MDC selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'expérience du MDC
Tableau 80. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC au Barreur pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES et en fonction de l'expérience du MDC294
Tableau 81. — Nombre d'énoncés transmis par Barreur au MDC selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de la tenue de l'IP
Tableau 82. — Nombre d'énoncés transmis par le Barreur au MDC pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES et en fonction de la tenue de l'IP294
Tableau 83. — Nombre d'énoncés transmis par l'OCQ au MDC selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de la tenue de l'IP
Tableau 84. — Nombre d'énoncés transmis par l'OCQ au MDC pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES et en fonction de la tenue de l'IP295
Tableau 85. — Nombre d'énoncés transmis par MDC au Barreur selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de la tenue de l'IP
Tableau 86. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC au Barreur pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES et en fonction de la tenue de l'IP295
Tableau 87. — Nombre d'énoncés transmis par MDC au TSP selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de la tenue de l'IP
Tableau 88. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC au TSP pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES et en fonction de la tenue de l'IP296
Tableau 89. — Nombre d'énoncés transmis par MDC à l'OCQ selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de la tenue de l'IP
Tableau 90. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC à l'OCQ pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES et en fonction de la tenue de l'IP297
Tableau 91. — Nombre d'énoncés transmis par le Barreur au MDC selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'identification du problème de bypass
Tableau 92. — Nombre d'énoncés transmis par le Barreur au MDC pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES et en fonction de l'identification du problème de bypass297
Tableau 93. — Nombre d'énoncés transmis par le TSP au MDC selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'identification du problème de bypass
Tableau 94. — Nombre d'énoncés transmis par le TSP au MDC pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES et en fonction de l'identification du problème de bypass298
Tableau 95. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC au BAR selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'identification du problème de bypass
Tableau 96. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC au BAR pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES et en fonction de l'identification du problème de bypass298
Tableau 97. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC au TSP selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'identification du problème de bypass

INTRODUCTION

Chapitre I. Contexte militaire et enjeux pour les facteurs humains

I.1. Les Sous-marins Nucléaires d'Attaque (SNA) : des systèmes sociotechniques à risques très spécifiques

I.1.1. Description générale des SNA

Les Sous-marins Nucléaires d'Attaque (SNA) (cf. Figure 1), propulsés par l'énergie nucléaire, constituent un moyen de projection de puissance discret et mobile qui participe à la « dissuasion conventionnelle ». Ils ont pour principales missions le recueil de renseignements, la lutte anti-sous-marine et la protection de la flotte des forces océaniques stratégiques (FOST). Contrairement aux Sous-marins Nucléaires Lanceurs d'Engins (SNLE), ils ne sont pas dotés de l'arme nucléaire, bien qu'ils disposent d'une force d'attaque assurée par des mines, des missiles et des torpilles.



Figure 1. — Photographies d'un SNA français de classe Rubis (Source : Marine Nationale)

Conçus pour naviguer 220 jours par an, les SNA sont composés de deux équipages de 70 hommes qui se relaient pour assurer des missions opérationnelles à la mer d'une durée de 13 semaines consécutives. Parmi les six SNA français actuels basés à Toulon, cinq sont encore en activité. Cette génération de SNA de classe Rubis, mise en service dans les années 1980, arrive en fin de vie et sera remplacée à partir de 2020 par six SNA de deuxième génération, de classe Suffren, issue du programme de construction Barracuda.

I.1.2. Un environnement à forte dynamique contraignant les sous-mariniers à agir dans l'incertitude

La conduite d'un SNA induit pour les sous-mariniers la gestion d'un environnement dit dynamique. Ce type d'environnement implique pour les opérateurs d'agir malgré le fait que les connaissances et les informations détenues par chaque membre du collectif ne leur permettent pas d'avoir une vision globale du processus (Amalberti, 2001). La dynamique de cet environnement les contraint à prendre des décisions, alors même que leur compréhension de l'évolution du système technique n'est pas toujours complète et que la fiabilité des informations est variable. L'incertitude vis-à-vis de la représentation de la situation est due en grande partie au fait que les informations concernant l'environnement extérieur sont médiées par des outils qui ne permettent qu'une représentation parcellaire de cet environnement. De plus, ces outils peuvent présenter des dysfonctionnements dont la détection implique des processus de diagnostic parfois longs à réaliser.

Pour faire face à cette incertitude, les sous-mariniers sont amenés à engager des actions dont le but est d'augmenter la fiabilité des informations. De plus, des décisions stratégiques sont parfois prises dans des situations à hauts risques, caractérisées par une forte pression temporelle, qui impliquent la priorisation de buts nécessaire au maintien de la sécurité. Les risques inhérents au contexte hostile et à l'environnement ajoutent aussi une part importante d'incertitude à l'activité des sous-mariniers car l'environnement extérieur n'est pas visuellement perceptible.

I.1.3. Un travail collectif distribué entre sous-mariniers sur plusieurs niveaux organisationnels

La multitude d'informations parcellaires, recueillies par les équipes sur des outils présents à différents endroits dans le sous-marin, implique une distribution importante du travail collectif (cf. Figure 2 pour une représentation générale de l'organisation des compartiments au sein d'un SNA). Cette distribution des informations se retrouve à plusieurs niveaux de l'organisation, au sein des équipes et entre les équipes elles-mêmes. Les opérateurs sont par conséquent fortement interdépendants. L'activité de conduite de ce type de système dynamique et à risques nécessite donc une collaboration étroite pour mener à bien les missions demandées mais aussi pour faire face à la gestion des risques et pour prévenir des accidents (Amalberti, 2001). Dans le cas d'un SNA, et plus généralement dans la plupart des activités opérationnelles militaires, l'activité collective est organisée selon une coopération dite distribuée (Rogalski, 1994). Les connaissances et les informations de chaque membre du collectif ne permettent pas à chacun d'avoir une vision globale du processus. Les opérateurs, qui occupent des rôles spécifiques, possèdent des buts individuels

ainsi que des buts partagés avec les autres membres de l'équipe. Ceci implique de multiples interactions entre les opérateurs, ou équipes d'opérateurs, dont les tâches sont interdépendantes et qui doivent interagir de façon à atteindre un but commun.

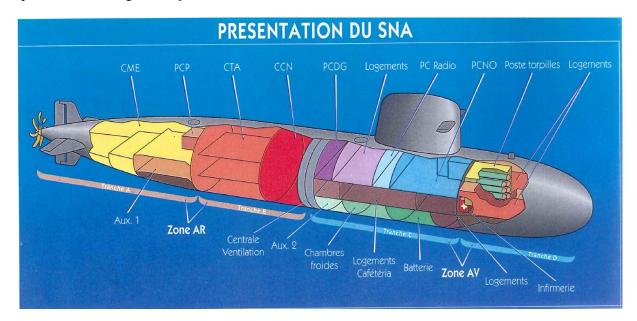


Figure 2. — Représentation schématique de l'organisation spatiale des compartiments d'un SNA

La coopération est essentielle pour assurer aux opérateurs une conscience de la situation (CS) et leur permettre de partager les informations temporelles et logiques nécessaires à la coordination de leurs actions (Rogalski, 1994). Au sein du SNA, ceci est particulièrement vrai pour l'équipe Sécurité-Plongée qui occupe une place centrale dans les interactions du fait de son rôle dans la conduite et le maintien de la sécurité.

I.1.4. L'importance de la Conscience de la Situation pour les membres de l'équipe Sécurité-Plongée

Le cas de l'accident du Rubis, survenu le 30 mars 2007, illustre bien comment une gestion inadaptée du collectif (dans notre cas, un équipage sous-marinier) peut contribuer à la genèse d'un accident. Dans cet accident, un Sous-marin Nucléaire d'Attaque (SNA) a heurté le fond de mer, provoquant des dégâts importants. Un audit « Facteurs humains et organisationnels » mené en interne Défense (diffusion confidentielle) a mis à jour les faiblesses de la collaboration au sein du Poste Central Navigation Opérations et en particulier au sein de l'équipe Sécurité-Plongée (SP) : des informations cruciales pour la sécurité ont été détectées par certains membres d'équipage, mais leur transmission s'est révélée défaillante durant la gestion collective de cette situation accidentelle. Cet accident montre que les processus interactionnels qui permettent le partage entre les membres du collectif

d'une Conscience de la Situation (CS) adaptée aux tâches réalisées, sont au cœur de la construction de la sécurité.

La fiabilisation des processus interactionnels nécessite à la fois de prendre en compte les contraintes des environnements de travail qui pèsent sur les opérateurs, mais aussi d'identifier les mécanismes cognitifs permettant aux opérateurs de se transmettre les informations nécessaires au maintien de la sécurité pendant l'activité. Dans ce contexte, il est crucial pour les sous-mariniers de concevoir des situations de formation et d'entraînement permettant aux opérateurs d'améliorer leurs compétences relatives au partage de leurs représentations de la situation.

I.2. Le programme de déploiement des SNA nouvelle génération (Suffren) : une rupture technologique susceptible d'impacter l'élaboration de la CS

I.2.1. Une rupture technologique majeure : automatisation et introduction d'interfaces graphiques

Le besoin de formation revêt une importance particulière dans le contexte actuel puisque le programme de renouvellement des SNA (*Barracuda*) est en cours. Le premier sous-marin, le *Suffren*, a été mis à l'eau le 1^{er} août 2019, avec une livraison prévue pour 2020 à la Marine Nationale et une admission au service actif prévue pour 2021. L'Ecole de Navigation Sous-Marine (ENSM) travaille actuellement à la conception des formations destinées aux équipes du futur SNA, simultanément au renouvellement des formations destinées aux équipes des SNA d'ancienne génération.

A notre connaissance, les interfaces du module sécurité-plongée des SNA nouvelle génération présentent un changement technologique majeur. Pour la première génération, toutes les informations sont présentées sur des panneaux à l'aide de boutons, verrines ou encore indicateurs chiffrés. Sur la nouvelle génération, ces panneaux seront remplacés par des écrans individuels dont certains seront tactiles et qui permettront aux opérateurs de moduler l'affichage des informations en naviguant dans les différents niveaux de l'interface graphique. De plus, les interfaces de supervision et de contrôle seront dotées d'un nouveau système automatisé de gestion des incidents. Les automatismes permettront notamment de traiter certains incidents qui étaient auparavant traités par les opérateurs. L'affichage des informations sera également priorisé en fonction de leur importance pour la sécurité.

Ces deux changements principaux que constituent l'automatisation et l'introduction d'interfaces individuelles à niveaux d'affichage multiples auront un impact sur l'activité collective de l'équipe SP qu'il reste à caractériser. La perception des actions des opérateurs sera moins visible par le

Maître de Central et les informations nécessaires devront être recherchées dans le menu des interfaces plutôt que visibles directement sur les panneaux. De plus, concernant l'agencement spatial des postes du module SP dans les futurs SNA, nous remarquons notamment l'attribution d'un siège « assis-debout » destiné au Maître de Central qui est le chef d'équipe Sécurité-Plongée. Ceci pourrait modifier la mobilité de ce dernier et par conséquent, sa prise d'informations sur les interfaces et la communication avec ses coéquipiers.

I.2.2. Défi « facteurs humains » : renforcement du besoin d'identifier les processus d'élaboration de la CS dans l'équipe SP

Sur la base de ces premières observations et d'échanges avec les entraîneurs des futures équipes du Suffren, nous faisons l'hypothèse que ces changements technologiques conduiront à des modifications importantes de la façon qu'ont les opérateurs de communiquer leurs informations pour partager leurs consciences de la situation respectives. Ceci soulève des questions sur la conception des formations concernant l'utilisation de ces nouveaux outils par les équipes. L'impact du changement technologique sur l'élaboration d'une CS collective requiert une analyse psychoergonomique qui nécessite préalablement une analyse fine des processus d'élaboration de la CS collective dans les SNA d'ancienne génération.

Notre thèse s'inscrit dans ce contexte et vise à caractériser les processus interactionnels permettant à chaque membre de l'équipe de partager avec les autres sa CS, alimentée en partie par les informations recueillies sur les interfaces. Ceci nous permettra de fournir des recommandations sur l'organisation du travail en équipe dans les SNA d'ancienne génération. Les résultats de la thèse fourniront aussi un point de comparaison pour de futures analyses de l'activité collective dans les SNA de nouvelle génération.

Chapitre II. Terrain d'étude : l'équipe Sécurité-Plongée à bord des SNA

Nous présentons dans cette section une description macro-ergonomique de l'activité collaborative des équipes occupant les postes du module sécurité-plongée (SP). Elle comprend une description de l'organisation globale du travail à bord des sous-marins et de ses contraintes (II.1), une description sociotechnique de l'équipage (II.2.1), une description des tâches prescrites de chacun des membres du module sécurité-plongée (II.2.2), les modalités interactionnelles au sein du module SP (II.2.3) et pour finir, une présentation des principales difficultés ressenties par les opérateurs (II.3).

Les informations présentées dans ce chapitre ont été recueillies à partir de :

- Une analyse documentaire comprenant des rapports portant sur le fonctionnement des sousmarins, les procédures relatives à l'activité dans le module SP, de la documentation technique sur les interfaces ainsi que des scénarii de simulation qui entrent en jeu dans l'entraînement à terre des sous-mariniers;
- La passation d'entretiens semi-directifs et ouverts dont le but était de recueillir à différents niveaux de hiérarchie une description des tâches prescrites des opérateurs et des contraintes qu'ils peuvent être amenés à rencontrer. Ces entretiens ont été menés par l'IRBA préalablement à la mise en œuvre de cette thèse (Bourgeon, Ardouin, & Darses, 2014);
- Une observation de l'activité en simulateur d'équipages du module sécurité-plongée confrontés à la gestion d'avaries dans le cadre de leur entraînement.

II.1. Phases d'activité et contraintes au sein des SNA

II.1.1. Cycles et phases d'activité des SNA

Les 70 sous-mariniers d'un équipage travaillent selon un cycle d'activité fixe qui dure environ 8 mois en alternant les patrouilles en mer (ou missions), les transmissions d'informations entre les équipes qui se relayent, les périodes de repos et les entraînements. Deux équipages travaillent de façon alternée sur un même bâtiment afin d'assurer l'entraînement et le repos de chaque équipage. Une patrouille en mer dure 2 à 3 mois en fonction des missions à effectuer. Au cours d'un cycle, les échéances sont fractionnées et les objectifs sont multiples à chaque étape. Chaque équipage qui commence un nouveau cycle voit son personnel renouvelé à hauteur de 30%. A chaque étape du cycle correspondent des rythmes organisationnels et personnels spécifiques :

- 6 semaines d'entraînement sur les simulateurs de navigation sous-marine et à la mer ;

- 3 à 5 semaines d'entretien du bâtiment réalisées en commun par les deux équipages, le second équipage rentrant de mission ;
- 13 semaines d'activité opérationnelle à la mer ;
- Une nouvelle période d'entretien au retour de mer ;
- Une période de permission.

A bord, les activités sont rythmées par différentes phases qui s'accompagnent de procédures spécifiques.

A quai, les activités concernent principalement la mise en sécurité et la maintenance du bâtiment. La *prise de la tenue de repos* correspond à l'isolation des installations de sécurité-plongée. Le *poste de combat de vérification* correspond à la vérification de l'étanchéité du bâtiment, le fonctionnement du matériel relatif à la sécurité du sous-marin, la disposition de l'appareil propulsif.

La navigation **en surface** induit une vulnérabilité du sous-marin aux menaces aériennes et de surface mais elle est nécessaire pour revenir à quai. Elle est aussi nécessaire en opérations pour utiliser les dispositifs de communication et maintenir le sous-marin en état de fonctionnement optimal. On distingue :

- La *tenue de navigation* qui est adoptée afin de manœuvrer le sous-marin au port, au mouillage sur rade, en surface à la mer, par temps de paix et de mer calme ;
- Le poste de manœuvre correspond aux phases de départ et retour à quai ;
- La *tenue de veille à la mer* correspond à la redisposition des installations isolées, par exemple l'équilibrage entre la pression atmosphérique extérieure et celle du sous-marin.

En **immersion**, on distingue parmi les principales phases d'activité :

- La *prise de plongée*, phase durant laquelle et le chef de l'équipe de conduite, épaulé par ses coéquipiers, vérifie le bon fonctionnement des installations. Durant cette phase, le commandant est présent avec l'équipe de conduite. L'ordre d'immersion est donné par l'Officier à la manœuvre. Une ronde d'étanchéité est effectuée à l'issue et la pesée est effectuée si besoin. La pesée correspond aux actions effectuées de façon à équilibrer les forces subies et exercées par le sous-marin à une immersion et une vitesse donnée, de façon à ce qu'il flotte sans correction importante sur les barres de plongée.
- La *navigation en plongée* correspond à une phase de maintien ou de changement d'immersion qui ne nécessite pas de dispositions spécifiques.

- La *prise de disposition ZVR* (Zone de Veille Renforcée) correspond à un ensemble de procédures et de règles à appliquer à des immersions à risque, soit par immersion profonde, soit en cas de navigation par petit fonds.
- La reprise de vue est une manœuvre à risque dirigée par le commandant lui-même car le sous-marin ne dispose pas d'informations précises sur l'environnement durant cette manœuvre. Elle est constituée d'une phase de préparation puis d'une phase de reprise de vue à proprement parler (entre 1 et 2 min). Il s'agit de faire surface et d'établir une situation nautique visuelle au périscope de veille et/ou d'attaque, d'établir un contact radio si besoin, et de réaliser les opérations visant à assainir et équilibrer le réseau d'air.
- Le *retour en surface*, qui est toujours précédé d'une reprise de vue en situation nominale, consiste à quitter l'immersion ce qui implique la perte de discrétion vis-à-vis des bâtiments de surface.

On peut aussi citer deux domaines d'immersion spécifiques qui s'accompagnent de procédures et de règles notamment en ce qui concerne les limites de vitesses autorisées. L'immersion profonde correspond au domaine d'évolution dans lequel le sous-marin mène à bien la plupart de ses missions. L'immersion périscopique correspond à la navigation en immersion peu profonde dans un domaine s'étendant entre 19 et 15 mètres environ selon les conditions de la mer. Cette fourchette correspond à l'immersion à laquelle le périscope peut sortir de l'eau pour voir en surface, sans que le corps du sous-marin ne soit visible.

II.1.2. Contraintes pesant sur l'activité à bord des SNA

Du fait de la spécificité de l'environnement que constitue un SNA, les sous-mariniers sont confrontés à de nombreuses contraintes telles qu'un rythme de travail de type posté¹, un espace confiné, un isolement sur des périodes pouvant durer plusieurs mois et des risques importants.

Des rythmes variables de travail posté. — Dans un sous-marin, les opérateurs se relayent 24h/24 pour assurer les différents postes et faire vivre le bâtiment. La vie est rythmée par les quarts : ce sont des tranches horaires pendant lesquelles les marins sont affectés soit à leur poste de travail, soit à une tâche annexe (comme l'entretien du navire), soit au repos. Plusieurs types d'organisation existent concernant ce rythme de travail :

 Le rythme de tiers français fonctionne avec 3 équipes qui tournent selon les horaires suivants: 00h-04h; 04h-08h; 08h-12h; 12h-15h; 15h-18h; 18h-20h; 20h-24h;

¹ Un travail par poste à des horaires successifs et alternants.

- Le rythme par tiers « marmar » : 00h-04h; 04h-08h; 08h-12h; 12h-16h; 16h-20h; 20h-24h;
- Le rythme de bordée française : 02h-08h; 08h-12h; 12h-16h; 16h-20h; 20h-02h;
- Le rythme de bordée anglaise : 01h-07h; 07h-13h; 13h-19h; 19h-01h.

C'est le commandant de bord qui choisit, au départ de la mission, le rythme à adopter durant la patrouille, principalement en fonction de l'objectif de la mission. Différents rythmes se côtoient à bord des bâtiments. Le rythme choisi définit la durée et l'organisation des plages d'activité pour les opérateurs mais aussi le nombre d'opérateurs en poste et l'organisation des équipes. Notons qu'il y a également des personnes à bord qui ne suivent pas le rythme de quart, mais respectent les heures ouvrables fixes (infirmier, cuisine, experts) et des personnes qui sont disponibles et peuvent être appelées 24h/24 en fonction des besoins (le commandant).

Un espace confiné et isolé. — Les espaces de vie au sein des SNA sont particulièrement étroits. Les couloirs sont juste assez grands pour permettre le passage d'un homme, l'utilisation des espaces sanitaires est restreinte du fait que les membres de l'équipage doivent en partager l'utilisation. La production d'eaux grises implique aussi des manœuvres de vidange qui présentent un risque de détection par les bâtiments de surface. Les sous-mariniers n'ont généralement pas la possibilité de réaliser une activité physique régulière. La grande majorité de l'équipage se partage des couchettes dont la taille a été réduite au maximum lors de la conception, par souci de gain de place. Du fait que la coque du sous-marin s'apparente une cage de Faraday et que l'eau conduise mal les radiofréquences, l'intérieur d'un SNA est totalement isolé des réseaux de communication ce qui implique pour les sous-mariniers un isolement total de leurs proches.

Un environnement à risques. — L'hostilité des zones dans lesquelles les SNA sont amenés à opérer les exposent à des risques. L'environnement sous-marin représente aussi un danger permanent en cas de dysfonctionnement du système. Les dangers les plus importants pour les sous-marins se trouvent donc en surface (présence potentielle de menace) et au niveau du fond de mer (risque de collision). Enfin, le confinement induit une accessibilité aux soins en cas de souci médical relativement restreinte par rapport à des activités de surface.

II.2. Une structure hiérarchisée de type command and control

II.2.1. L'équipage d'un SNA : un collectif de collectifs

L'activité à bord des SNA rassemble environ 70 sous-mariniers qui sont affectés en modules interdépendants et hiérarchisés, ce qui implique une coopération distribuée intra et inter-modules. Afin de manœuvrer le sous-marin en assurant un niveau de sécurité acceptable et de remplir les

objectifs de mission, l'organisation de l'activité à bord est coordonnée par le **Poste Central Navigation Opérations (PCNO)** dont une représentation schématique est présentée ci-dessous (cf. Figure 3).

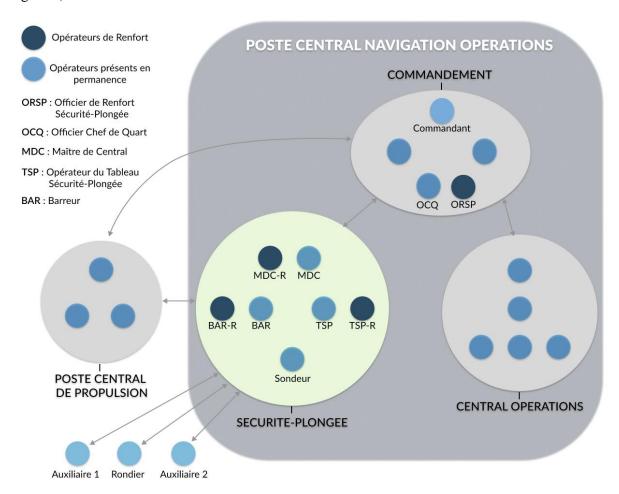


Figure 3. — Représentation schématique de l'organisation collective du Poste Central Navigation Opérations (PCNO), composé d'un Commandement, de l'équipe Sécurité-Plongée et du Central Opérations, en interaction avec l'équipe du Poste Central de Propulsion (PCP) et d'opérateurs isolés (Auxiliaires 1 et 2 et Rondier).

Le PCNO (cf. Figure 4) est composé de trois équipes dont la composition varie en fonction du rythme de quart adopté par le commandement :

L'équipe de **commandement** comprenant le commandant du bâtiment assisté par deux opérateurs qui coordonnent l'activité des trois autres modules ; cette équipe de supervision regroupe les instances décisionnelles représentées par l'officier chef de quart auprès des autres équipes.

L'équipe du **Central Opération** (**CO**) qui comprend une dizaine de personnes ayant en charge la gestion de la navigation, notamment l'identification des obstacles, l'établissement de la position du sous-marin, la discrétion ; elle traite principalement les informations tactiques et regroupe les

installations permettant d'appréhender l'environnement extérieur et de réaliser les déplacements et les opérations stratégiques en mission.

L'équipe Sécurité-Plongée (équipe SP) (cf. Figure 5), comprend les trois opérateurs suivants :

- Le Barreur qui pilote le sous-marin ;
- L'opérateur du Tableau Sécurité Plongée (TSP) qui contrôle et supervise l'état du système technique ;
- Le Maître de Central (MDC) qui supervise l'activité des deux opérateurs précédents et est en lien avec le commandement.

L'équipe SP peut être renforcée si les conditions opérationnelles le nécessitent, avec un deuxième opérateur de soutien pour les postes du MDC, du BAR et du TSP.



Figure 4. — Photographie du Poste Central Navigation Opérations (PCNO) d'un SNA français. L'équipe Sécurité-Plongée apparaît sur la partie gauche et le Central Opérations à droite

L'équipe SP est au centre des interactions entre les équipes du sous-marin. Elle communique avec l'équipe propulsion qui se trouve à l'arrière du sous-marin et lui transmet ses besoins en termes de vitesse de propulsion. L'équipe SP répond aux objectifs relatifs à la conduite et qui lui sont fixés par le commandement. C'est généralement l'OCQ qui s'assure de la mise en œuvre des objectifs opérationnels en interagissant régulièrement avec le MDC qui le met à jour sur l'état de la situation. Le sondeur annonce régulièrement l'immersion et l'évolution des fonds afin de renseigner les membres de l'équipe SP. L'équipe SP est également en contact avec plusieurs autres opérateurs qui ne sont pas présents physiquement dans le PCNO et qui ont la possibilité de vérifier localement l'état de fonctionnement des installations (auxiliaires 1 et 2, rondier).



Figure 5. — **Prise de vue du module SP.** On distingue en bas à droite le barreur, l'opérateur TSP assis devant son tableau de contrôle, en bas à gauche le MDC, au fond en chemise claire l'OCQ et derrière lui de dos le sondeur

Notre étude s'intéresse plus particulièrement à ce dernier module, du fait de sa place centrale dans la gestion des objectifs opérationnels et de sécurité et donc dans le transfert des informations entre opérateurs du SNA.

II.2.2. Rôles et tâches prescrites des membres de l'équipe SP et de ses interlocuteurs directs

Comme les autres équipes, l'activité de l'équipe SP s'organise selon une coopération distribuée : les opérateurs partagent un but commun tout en ayant chacun des sous-buts qui leur sont propres. L'équipe est supervisée par un chef d'équipe, le Maître de Central (MDC), qui constitue le lien entre le pilotage du bâtiment et les objectifs de missions apportés par le représentant du commandement, l'Officier Chef de Quart (OCQ). Le MDC a pour rôle l'apport au commandement d'une vision globale sur l'état du système technique, les contraintes liées à la sécurité et à l'atteinte des objectifs opérationnels. Il supervise l'activité de deux opérateurs, le Barreur et l'opérateur TSP (appelé communément TSP), qui ont des objectifs spécifiques. Le Barreur est en charge du pilotage du sous-marin. Le TSP contrôle une partie du système technique et s'assure de son intégrité.

II.2.2.1. L'équipe Sécurité-Plongée (SP)

Le **Maître de Central** (MDC) est le chef de l'équipe sécurité-plongée. Il supervise l'activité du barreur et de l'opérateur du Tableau Sécurité-Plongée pour manœuvrer le sous-marin dans le but de répondre aux objectifs opérationnels transmis par le commandement. C'est le garant de la sécurité

et de l'intégrité du bâtiment. C'est à lui qu'incombe la responsabilité d'adopter les mesures adéquates pour gérer l'apparition d'avaries. Il gère par l'intermédiaire du TSP, du Barreur et du module propulsion l'évolution du bâtiment en termes de cap, d'immersion, de vitesse et d'assiette. Il doit en permanence se créer une représentation de l'état du sous-marin en recueillant les informations diverses qui lui sont transmises par ses coéquipiers. Le MDC communique aussi avec l'Officier Chef de Quart (OCQ) de façon à opérationnaliser les objectifs de mission en prenant en compte les objectifs de sécurité du bâtiment. Il représente un lien entre le commandement représenté par l'OCQ et les opérateurs de contrôle du bâtiment. Le MDC joue également un rôle à bord dans la formation des jeunes mécaniciens qui consiste à surveiller et à superviser les actions techniques des novices. Sa position centrale au sein du module sécurité-plongée facilite la supervision de l'activité des opérateurs sous son commandement. Il a sous sa responsabilité l'auxiliaire 2 (mécanicien) et le rondier avant (électricien) avec lesquels il interagit par l'intermédiaire du TSP et de son interphone. Le MDC a la possibilité de contacter directement l'équipe du PCP, de façon à coordonner les actions de conduite et de propulsion du bâtiment. Il veille à maintenir le fonctionnement du sous-marin en informant l'OCQ de l'indisponibilité ou de la situation dégradée d'une installation. Il doit alors être capable de proposer la prise de mesures adéquates dont la liste, non exhaustive, est généralement empruntée aux Consignes Générales ou aux Consignes du groupe Energie-Propulsion.

L'opérateur du **Tableau de Sécurité-Plongée** (TSP) est chargé de veiller au bon fonctionnement des différents systèmes du sous-marin (ventilation, circuit électrique, station d'huile principale). Il utilise pour cela une grande interface de contrôle et de supervision. Le TSP connaît le fonctionnement et l'organisation des installations qu'il contrôle et a la possibilité d'agir sur l'état des ballasts (réservoirs d'eau agissant sur la répartition du poids du bâtiment). En cas d'anomalie, il rend compte au MDC. Il n'a que peu de possibilités en termes de décisions d'actions. Cependant, il lui est demandé de mettre en place plusieurs actions réflexes en cas d'avarie grave. Les deux avaries les plus urgentes pour lui sont l'incendie et la voie d'eau. Il est impliqué dans la responsabilité de la sécurité du sous-marin et a un rôle important dans la transmission d'information au MDC. Son interface se présente sous forme de grands tableaux composés de verrines, de schémas et de boutons pour les commandes devant lesquels il est assis (cf. Figure 6). La charge de travail du TSP varie en fonction des phases d'activités qui rythment son quart. Les manœuvres de prise de plongée et de remontée à l'immersion périscopique représentent des phases d'activité qui nécessitent de sa part, ainsi que de celle de ses coéquipiers de l'équipe SP, une vigilance accrue. Il est aussi en charge de communiquer via interphone avec le bord, l'équipe propulsion, l'auxiliaire 2 et toute personne voulant joindre le central par interphone. De ce fait, son rôle est à même de le

placer dans des situations d'interruption de tâche qui peuvent occasionner des oublis d'actions. Les communications avec le Barreur sont rares, malgré la proximité spatiale des deux postes. Toute demande d'information doit passer par le MDC.

Le **Barreur** est chargé, à l'aide des barres de direction et de plongée, de contrôler l'immersion et le cap du sous-marin (cf. Figure 6).

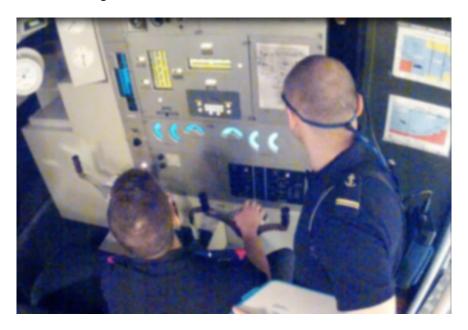


Figure 6. — Prise de vue du poste de pilotage du barreur. L'image a été floutée pour des raisons de confidentialité

Son interface lui donne accès aux paramètres nécessaires au pilotage du sous-marin (immersion, cap, assiette, vitesse). Il a à sa disposition des barres de direction lui permettant de modifier l'assiette du sous-marin et sa direction. Il utilise aussi un mode automatique pour manœuvrer le sous-marin vers un cap ordonné. Il doit exécuter les ordres du MDC et rendre compte de leur exécution. Le Barreur constitue un intermédiaire entre la passerelle et le central lorsque le bâtiment est en surface. Son rôle implique de transmettre mécaniquement les ordres de régime moteur au PCP, de vérifier leur exécution par le PCP et de rendre compte au MDC du réglage effectué. Il doit annoncer les avaries (incidents et défauts) concernant le pilotage et réagir à ces avaries en appliquant les consignes de sécurité prévues par le commandement.

II.2.2.2. Les opérateurs en interaction avec l'équipe SP

Le Commandant et le Commandant en second fixent les objectifs opérationnels.

L'Officier chef de Quart (ou OCQ) est à l'intersection entre l'équipe sécurité-plongée et le commandement. Il s'assure du bon fonctionnement du navire par l'intermédiaire du MDC qui lui rend compte de l'état du bâtiment et des anomalies éventuelles auxquelles l'équipage peut être

confronté. Il supervise l'activité du module sécurité-plongée. Il a la possibilité de prendre les décisions relatives à la discrétion du bâtiment et à l'évolution de la mission. En cas d'avarie, il se réfère aux consignes générales et aux consignes de bord pour mettre en œuvre les procédures à suivre. L'OCQ est responsable de plusieurs équipes dont l'équipe sécurité-plongée. Il est le représentant du commandant quand celui-ci n'est pas là et il est responsable de l'application des objectifs identifiés par le commandement. Ses interlocuteurs privilégiés sont les chefs des équipes dont il supervise l'activité. Pour l'équipe sécurité-plongée, c'est donc le MDC qui est son interlocuteur privilégié. L'OCQ est amené à se déplacer dans le central pour interagir et n'a pas de place attribuée. En cas d'incident, l'OCQ demande au MDC un compte-rendu clair de la situation avec une estimation du niveau d'incidence sur la conduite du sous-marin.

L'Officier de Renfort Sécurité- Plongée (ORSP) intervient uniquement pour aider à résoudre les situations délicates et fait le lien entre le MDC et l'OCQ.

L'équipe du **Poste de Conduite Propulsion** (**PCP**) est garant du fonctionnement des moteurs. Composé d'un chef d'équipe et de deux opérateurs, sa mission est la gestion de la propulsion du bâtiment. Un des deux opérateurs de cette équipe est en interaction avec l'équipe SP par l'intermédiaire du TSP, afin de gérer les besoins relatifs à la propulsion pour la conduite du sousmarin.

L'auxiliaire 2 (AUX2) est un mécanicien qui n'est pas présent physiquement dans le module sécurité-plongée. Son poste se trouve dans la cale, au centre du sous-marin. Il est chargé de la vérification, du contrôle et du maintien de plusieurs systèmes du sous-marin permettant le fonctionnement général (traitement de l'eau, charges en air, assèchement, poubelles, frigos). Son activité est organisée autour de rondes mais il peut aussi agir sur ordre du MDC. Il a la possibilité d'accéder localement à certaines parties du système Il réalise de nombreuses manipulations de vannes et est exposé à un environnement relativement bruyant. Son rôle implique une charge de travail variable avec l'alternance de phases d'activité pendant lesquelles il doit rapidement fournir des informations à l'équipe SP et de phases d'activité plus calmes. Il est relativement autonome dans son activité du fait de son isolement géographique par rapport au central. Il communique par interphone avec le TSP qui transmet les informations à l'équipe. Les postes du rondier et de l'AUX2 sont adjacents ce qui leur permet de communiquer en cas de besoin au travers d'une trappe. L'AUX2 communique aussi avec le PCP pour certaines tâches, notamment en cas d'asséchement général qui implique la coordination de leurs actions afin d'éviter tout risque de pollution des caisses.

Le **sondeur** se situe dans le PCNO. Il surveille et annonce l'immersion et de l'évolution du fond de mer aux opérateurs présents dans le module SP.

II.2.3. Les interactions dans le module SP

En situation de simulation, l'équipe SP interagit avec six membres de l'équipage, dont les quatre premiers sont présents physiquement dans le PCNO : le commandant, l'officier renfort-sécurité, l'officier chef de quart, le sondeur, l'opérateur en charge du Poste Central de Propulsion (PCP), l'auxiliaire 2. Cette équipe élargie comprend donc un collectif de huit opérateurs, ce qui implique des flux de communication parallèles dans un environnement exigu.

Les interfaces de contrôle et de supervision sont un élément important de l'activité de l'équipe SP. Pour la suite du document, nous appellerons **module SP** le système sociotechnique rassemblant les membres de l'équipe SP, leurs **interfaces** ainsi que leurs **interlocuteurs**.

Dans le module SP, les opérateurs n'ont pas tous accès aux mêmes informations. Le barreur possède une interface spécifique, accessible visuellement par le MDC et qui donne des informations sur les paramètres de conduite du sous-marin. Le TSP possède lui aussi une interface qui lui est dédiée. De la même façon que pour l'interface du barreur, le MDC peut accéder visuellement à celle du TSP en se rapprochant.

Du fait de la multitude de sources d'information pour le MDC, le barreur et le TSP ont pour rôle de lui fournir les informations pertinentes afin de réaliser les tâches qui leur ont été fixées par le commandement. Le MDC constitue donc un maillon central dans la chaîne d'interactions entre les systèmes techniques, permettant le suivi de l'évolution des paramètres de conduite et de maintien de la sécurité à bord, et le commandement. Il existe néanmoins un relais supplémentaire entre le MDC et le commandant, en la personne de l'OCQ. A la différence du MDC, l'OCQ n'a pas besoin de connaître tous les paramètres du système dans leur détail, mais plutôt d'une synthèse des informations pertinentes pour poursuivre les buts opérationnels en sécurité.

Si l'on prend la chaîne en partant des opérateurs de ligne (barreur et TSP), jusqu'à l'OCQ et en passant par le MDC, chacun réalise des tâches à des niveaux d'abstraction différents. Les tâches du barreur et du TSP requièrent le traitement d'informations brutes à partir de leurs interfaces respectives, la mise en relation de ces informations avec les actions effectuées afin de fournir au MDC une représentation de la partie du processus qu'ils supervisent et contrôlent.

Outre les interactions avec leurs interfaces, les opérateurs sont aussi amenés à communiquer par interphone avec d'autres équipes, de façon à recueillir des informations auxquelles ils n'ont pas accès directement et à coordonner leurs actions.

II.3. Difficultés rencontrées par l'équipe SP dans leur activité

II.3.1. Difficultés relatives aux processus collaboratifs au sein du module sécurité-plongée

Les entretiens nous ont permis d'identifier plusieurs difficultés rencontrées par les membres d'équipe et relatives à la coopération. Deux types de difficultés dans la coopération sont rapportées : celles liées à la communication verbale et celles liées au partage d'une représentation de la situation au sein de l'équipe (Tableau 1).

Tableau 1. — Difficultés rencontrées par les membres de l'équipe SP dans la coopération et stratégies développées pour y faire face

Difficultés dans la coopération	Stratégies développées
Se faire entendre	- Crier - Toucher l'épaule - Se déplacer - Imposer le silence quand le MDC parle
Reconnaître le locuteur	 Porter son attention sur le contenu du message Se tourner pour rechercher visuellement le locuteur
Non-transmission d'une information importante (comme une avarie par ex) conduisant le MDC à ne pas avoir conscience de la situation réelle	- Surveiller plus particulièrement l'interface et les actions des opérateurs novices mais avec le risque de perdre des informations importantes provenant d'une autre source
Représentation de la situation différente d'un membre de l'équipe à un autre	Annoncer régulièrement à voix forte les différents paramètres (immersion, fond sous la quille,).

Les premières difficultés sont directement liées à l'agencement physique du module : espace réduit pouvant comprendre jusqu'à une dizaine d'opérateurs n'étant pas placés en face à face. Le deuxième type de difficulté est plus directement lié au contenu des échanges verbaux et mettent en avant la difficulté pour des opérateurs de différentes qualifications et de différentes responsabilités de transmettre les informations pertinentes aux interlocuteurs pertinents dans un timing adapté.

II.3.2. Astreintes physiologiques et psychologiques liées à l'activité au sein de l'équipe SP

Les contraintes que nous avons présentées précédemment (§ II.1.2) peuvent induire des astreintes en termes de physiologie et de psychologie. Nous regrouperons ces astreintes, qui nous ont été rapportées par des membres d'équipes SP, en trois catégories : la fatigue, le stress et la charge de travail.

La fatigue. — L'environnement du sous-marin contribue à des variations du niveau de fatigue qui peuvent influer sur l'activité des sous-mariniers. Le rythme de quart, pouvant s'apparenter à un travail posté, est un facteur important parmi les conditions de vie impliquées dans une augmentation de la fatigue (Hardouin, Padlo, Schmid, & Rabat, 2012). D'autres conditions peuvent être sources de fatigue : le bruit constant de ventilation ou le manque de confort (petits lits, promiscuité). Une équipe de l'IRBA a mené un projet de recherche sur la fatigue dans les Sous-Marins Nucléaires Lanceurs d'Engins (SNLE) et a montré qu'il était possible pour les sous-mariniers de conserver leur rythme de sommeil pendant deux mois de travail posté (Trousselard et al., 2016). Cependant, l'activité des sous-mariniers dans les SNLE est différente de ceux des SNA, puisque les missions réalisées par ces deux types de sous-marin ne sont pas les mêmes. De plus, d'autres travaux ont montré que la fatigue perçue par les sous-mariniers pouvait varier en fonction des phases d'activité (Blassingame, 2001; Miller, Kenney, & Matsangas, 2011). La fatigue peut également être impliquée dans une baisse de la vigilance des opérateurs confrontés à des rythmes de travail postés (Cayot, 2017; Philip & Akerstedt, 2006). Enfin, plusieurs études menées sur l'activité des officiers de marine militaire ont identifié la fatigue comme un facteur pouvant altérer la planification et la prise de décision des chefs d'équipe (Olsen, 2013; Olsen, Pallesen, Torsheim, & Espevik, 2016).

Le stress. – Les conditions d'isolement, de confinement, de manque de luminosité, de bruit et de promiscuité peuvent être des sources de stress pour les opérateurs. A cela s'ajoutent aussi les risques inhérents au contexte militaire. L'impact important de l'organisation hiérarchique sur les relations interpersonnelles peut également devenir facteur de pression psychologique. De plus, la variabilité de la charge de travail, avec l'alternance de phase d'ennui avec des phases très coûteuses en ressources cognitives peut avoir un impact non négligeable sur les capacités cognitives des opérateurs. Enfin, la navigation au sein d'un sous-marin s'accompagne d'une part importante d'incertitude quant à la position exacte du sous-marin et aux menaces extérieures qui peuvent potentiellement être source de stress, bien que les sous-mariniers soient habitués à ce type de situation.

La variation de la charge de travail liée aux différentes phases de la navigation. — L'activité à bord du sous-marin est soumise à de fortes variations de la charge de travail qui évolue en fonction du niveau de risque. Pour l'équipe sécurité-plongée, la charge de travail est relativement faible en situation nominale (immersion en hauts fonds), mais devient plus importante lors de la navigation en bas-fonds ou en cas d'avaries. L'augmentation de la charge de travail peut se traduire par l'apparition de tâches simultanées dues à la gestion des informations provenant des différents modules et de tâches de gestion des avaries ajoutées à la conduite du sous-marin.

Le poste de MDC est associé à un rôle de chef d'équipe dans l'organisation du module SP. Du fait de sa place centrale dans les interactions entre les opérateurs de l'équipe SP et le commandement, les entretiens que nous avons menés ont conduit à identifier un type d'astreinte spécifique à ce poste.

La charge de travail induite par le conflit entre objectifs opérationnels et objectifs de maintien de la sécurité. — Les interactions entre les différents modules sont fréquentes et s'organisent dans le module sécurité-plongée autour du MDC. Celui-ci doit identifier les objectifs et contraintes de chacune des équipes afin de prendre les décisions relatives à la manœuvre du bâtiment. Cependant, lors de la prise de décision, les conditions d'atteinte des objectifs opérationnels avec un niveau de sécurité acceptable peuvent créer des situations de conflit. Le MDC doit alors prendre des décisions pouvant impliquer une prise de risque. Il arrive par exemple que les objectifs de mission transmis par l'OCQ impliquent une prise de risque au niveau de la sécurité du sous-marin. Ces situations donnent lieu à des séquences de discussion, voire de consultation de la hiérarchie pour aider à la prise de décision. Les contraintes liées à la propulsion peuvent aussi avoir un impact sur les objectifs de sécurité et de conduite du module sécurité-plongée.

En focalisant notre étude sur le MDC, nous nous intéresserons particulièrement à ce compromis entre réussite de la mission et maintien d'un niveau de sécurité satisfaisant.

Chapitre III. Enjeux psycho-ergonomiques liés à l'activité de l'équipe SP

III.1. Caractéristiques cognitives du contrôle de processus dans le module SP des SNA

Nous avons vu dans le Chapitre I que l'activité des membres d'un SNA, et plus particulièrement celle de l'équipe SP, est fortement contrainte par la dynamique des situations et l'incertitude. La combinaison de ces deux facteurs a un impact sur les processus cognitifs des opérateurs. L'impact de ces caractéristiques de l'environnement sera discuté en fonction de la dimension du contrôle cognitif des membres de l'équipe SP qu'elles affectent, selon la catégorisation proposée par (Hoc, 1996).

Un champ de supervision et de contrôle limité. — Le contrôle du processus par l'équipe SP est limité étant donné qu'il existe une étroite interdépendance entre l'équipe SP, l'équipe de propulsion et le commandement pour agir sur la conduite. Ceci implique que les opérateurs anticipent constamment les besoins en information et en action partagés avec les autres équipes. De plus, l'interaction avec l'environnement extérieur est médiée par des instruments ce qui ne permet pas aux sous-mariniers d'avoir une image fidèle et complète de la position du sous-marin à un temps donné. Ceci implique une navigation avec un degré variable d'incertitude. Enfin, l'environnement militaire implique des risques conséquents et difficilement contrôlables par les opérateurs. Cette incertitude est en partie liée aux choix stratégiques militaires qui ne sont pas connus de l'ensemble de l'équipage pour des raisons de sécurité.

Des délais de réponse variables. — Les délais de réponses, qu'ils soient techniques ou non techniques, sont fluctuants. Au niveau technique, les délais de réponse relatifs à la conduite sont variables parce que le sous-marin, étant un bâtiment de grande masse évoluant dans l'eau, a une inertie importante. Les actions sur les barres ont un délai de réponse qui varie énormément en fonction de la vitesse du sous-marin, avec des réponses plus rapides lorsque la vitesse est importante. Les actions sur la pesée du sous-marin sont elles aussi soumises à des délais de réponse variables en fonction de la vitesse, l'immersion ou encore l'état de la mer. Les temps de réponse relatifs aux interactions sont eux aussi fluctuants du fait que les membres d'autres équipes ont aussi des tâches à réaliser de leur côté. De plus, l'investigation d'avarie nécessite parfois une vérification complète des installations par un opérateur mobile dans le sous-marin, et cette vérification peut prendre du temps.

Des informations sur le processus accessibles de façon indirecte. — Le système sociotechnique est complexe et les informations sont distribuées entre un grand nombre d'équipes avec lesquelles

il est nécessaire de communiquer à distance pour obtenir une représentation globale de l'état du système. De plus, les SNA ont 30 ans et il n'est pas rare qu'il y ait des dysfonctionnements, notamment au niveau des verrines d'affichage sur l'interface du TSP.

Des variables de la situation de nature hétérogène. — Les variables traitées par les opérateurs du module SP pour se représenter la situation peuvent être continues (représentation en terme d'évolution) ou discontinues (représentation en termes d'état). On peut citer parmi les variables continues les paramètres d'évolution de l'immersion et de la vitesse, et parmi les variables discontinues l'état des caisses de réglage fourni par un opérateur à distance via l'interphone. La concomitance de ces deux types de variables nécessite pour les opérateurs une attention partagée adaptée à la dynamique du processus.

Un processus à dynamique fortement évolutive. — L'évolution des paramètres au sein du module sécurité-plongée est très variable en fonction de la tâche. Il existe une alternance entre des phases d'activité routinières qui peuvent s'avérer très monotones pour les opérateurs, et des phases d'activité nécessitant une supervision étroite, notamment dans le cas de procédures particulières (retour à l'immersion périscopique), de RESOLUTION DE PROBLEME, de navigation en zone hostile ou par petits fonds.

Ces contraintes de la situation peuvent avoir un impact important sur la capacité des opérateurs à mettre à jour leur CS de façon pertinente, en fonction de l'évolution de l'environnement et de leurs buts. Certaines caractéristiques individuelles des opérateurs telles que l'expertise et l'expérience peuvent également avoir un impact sur leurs caractéristiques cognitives en situation de contrôle de processus (Rasmussen, 1986).

III.2. Enjeux psycho-ergonomiques liés à l'activité du chef d'équipe

L'analyse de l'activité nous a permis d'identifier trois enjeux liés aux spécificités de l'activité du chef d'équipe (MDC) du module sécurité-plongée.

Importance de l'élaboration de la CS du chef d'équipe pour l'activité collective. — L'analyse de l'organisation du module sécurité-plongée révèle l'importance majeure de l'élaboration par le chef d'équipe d'une conscience de la situation adaptée à la poursuite des buts de sécurité. Cette représentation se construit au moyen de diverses modalités d'interaction (systèmes informatiques, interactions verbales et non verbales). La conscience de la situation que se construit le chef d'équipe est essentielle car elle lui permet d'anticiper l'évolution de cette situation, de fournir à chacun les informations nécessaires à son activité, de justifier ses propositions de plans d'actions et de réaliser un compromis acceptable entre les objectifs de sécurité et les objectifs opérationnels. Pour cela, il

doit agréger les informations portant sur le contrôle et la supervision de la conduite et de la sécurité technique du bâtiment. Ceci lui permet de prendre des décisions adaptées à la poursuite de buts du commandement et de fournir à son tour une représentation du processus à l'OCQ. La forte dimension hiérarchique de notre contexte d'étude nous oriente donc vers la prise en compte des rôles dans l'élaboration de la CS des membres de l'équipe, et en particulier la place centrale occupée par le chef d'équipe.

Importance de la gestion par le MDC et l'OCQ du compromis entre objectifs opérationnels et objectifs de sécurité. — La place intermédiaire du MDC, entre son commandement en amont et son équipe en aval, implique que la majorité des informations transitent par lui. Il doit assurer à la fois la supervision des opérateurs et du processus, et à la fois la construction de sa propre représentation de la situation sur la base de laquelle il va proposer et discuter de plans d'actions avec l'officier chef de quart. Il est important de noter que l'OCQ doit lui aussi agréger les informations relatives à différentes parties du processus (venant du CO et du module SP) afin de prendre des décisions permettant l'atteinte des buts fixés par le commandement. L'OCQ, qui n'est pas présent en permanence dans le module SP, a une implication moins directe que le MDC dans le contrôle et la supervision de la conduite. Les responsabilités de l'OCQ présentent un aspect plus stratégique qui n'est pas l'objet de notre étude. Pour ces raisons, nous réserverons dans cette thèse la dénomination de chef d'équipe au MDC.

Importance des stratégies de prise d'informations par le MDC (gouvernées par les communications verbales et par l'exploration visuelle des interfaces de conduite). — La proximité géographique des opérateurs au sein du module ainsi que l'absence d'interface dédiée au MDC l'oblige à s'appuyer sur les interfaces des opérateurs qu'il supervise. Les informations qu'il recueille sont issues de la communication verbale qui s'établit entre lui et les opérateurs, et de la prise d'informations visuelles qu'il effectue dans son environnement de travail (interfaces, comportement de ses coéquipiers, objets). Il doit donc réaliser un compromis entre les informations brutes qu'il peut directement prélever sur les interfaces des opérateurs de ligne, et les informations fournies par ces mêmes opérateurs qui peuvent enrichir ces informations. Le traitement cognitif effectué par ses coéquipiers peut permettre de sélectionner les informations brutes pertinentes et de mettre en relation plusieurs informations afin d'en fournir une interprétation.

III.3. Objectifs et plan de la thèse

L'objectif de cette thèse vise à identifier des invariants dans les processus interactionnels permettant le partage de la CS de chaque membre de l'équipe SP, et par conséquent l'élaboration d'une CS collective adaptée au but poursuivi par l'équipe.

Pour répondre à cet objectif, nous avons effectué dans le chapitre précédent une description macroergonomique de l'activité de l'équipe SP (Chapitre II) qui a permis de mettre en évidence la place centrale de cette équipe dans le système sociotechnique que constitue un SNA. Une description des tâches prescrites des membres de l'équipe SP ainsi que des contraintes liées à l'activité au sein d'un SNA nous ont permis d'identifier les enjeux psycho-ergonomiques liés à l'activité du chef de l'équipe SP (Chapitre III). Cet opérateur constituant un élément déterminant dans le maintien de la sécurité du système, nous avons choisi d'articuler notre étude autour de son rôle.

La partie théorique visera à décrire les propriétés de la gestion d'un environnement dynamique et à risques, et l'impact que cela peut avoir sur l'activité cognitive des opérateurs (Chapitre IV). Dans ce type d'environnement, les processus de diagnostic et de prise de décision conditionnent la performance. Ces processus sont impliqués dans la capacité des opérateurs à élaborer une CS de la situation qui leur permettra d'atteindre leurs buts et de résoudre les problèmes qu'ils pourront rencontrer. Les principales approches qui se sont intéressées au concept de CS seront décrites et discutées au regard de leurs fondements épistémologiques, afin de déterminer dans quelle mesure elles permettent l'étude de la CS dans les environnements dynamiques et à risques. Une mise en perspective des modèles collectifs de la CS qui ont été construits dans la lignée de ces approches individuelles sera effectuée dans un deuxième chapitre théorique (Chapitre V). Les méthodes utilisées pour étudier la CS individuelle et collective seront ensuite décrites et nous verrons dans quelle mesure elles sont adaptées à l'étude de la CS dans un système sociotechnique complexe (Chapitre VI). Les spécificités de la place d'un chef d'équipe dans un système sociotechnique complexe seront identifiées en se basant sur les travaux issus des domaines de recherche de la coopération, du leadership et des environnements de type command and control. Suite à cette revue de littérature, nous proposerons un modèle collectif de gestion des situations dynamiques ainsi qu'une méthode permettant d'examiner au travers des interactions verbales les processus cognitifs mobilisés dans l'élaboration de la CS collective, en focalisant notre analyse sur le rôle spécifique du chef d'équipe (Chapitre VII).

La **partie empirique** est composée de trois études complémentaires dans la compréhension des mécanismes d'élaboration de la CS collective de l'équipe SP en situation simulée de CONDUITE et de RESOLUTION DE PROBLEME. Les trois étapes se basent sur une analyse des communications verbales avec des niveaux de finesse croissants.

La **première étude** (Chapitre X) consiste en une analyse des tâches soutenues par la communication verbale pendant une phase d'activité sélectionnée dans le scénario que nous avons construit. L'objectif de cette étape est de décrire les différences dans la gestion des tâches de CONDUITE et de

RESOLUTION DE PROBLEME entre les équipes. Nous dégagerons à partir de cette description un indice de performance pour chacun de ces deux types de tâches. Le découpage de l'activité verbale de l'équipe SP par tâches fournira également une base pour affiner l'analyse de la CS sur une tâche spécifique, la pesée.

Dans une **seconde étude** (Chapitre XI), nous chercherons à identifier des invariants dans la structure du réseau de communication en fonction de la performance et de l'expérience des opérateurs. Cette seconde analyse, qui porte sur la totalité de la phase d'activité sélectionnée dans la première étape, permet une analyse globale et structurelle de la façon avec laquelle les opérateurs communiquent pour partager leur CS. Ceci nous permettra de confirmer que le chef d'équipe occupe une place centrale dans le réseau social, et d'identifier les opérateurs sur lesquels il s'appuie pour élaborer sa CS.

La **troisième étude** (0) vise à caractériser les processus cognitifs mobilisés dans le partage de la CS entre le chef d'équipe et les membres de l'équipe SP. L'objectif de cette analyse plus fine de la communication est d'identifier si certaines activités cognitives mobilisées dans les interactions sont associées à des niveaux de performance collective différents. Nous investiguerons aussi l'impact de l'expérience des membres de l'équipe SP sur la mobilisation de ces processus cognitifs dans leurs interactions verbales.

PARTIE THEORIQUE

Chapitre IV. Elaboration de la conscience de la situation d'un individu dans un environnement dynamique et à risques

Ce chapitre a pour but de présenter les principales approches théoriques qui ont été développées pour étudier la façon dont un opérateur élabore une conscience de la situation dans un environnement dynamique et à risques en prenant en compte ses interactions avec son environnement depuis le recueil d'informations jusqu'à l'exécution d'action. Après avoir contextualisé le développement du concept de Conscience de la Situation (CS) dans la lignée d'approches plus générales de la psychologie, nous présenterons les modèles tout en les discutant. Nous examinerons les points communs et les différences entre, d'une part les multiples définitions du concept de CS issues de la littérature anglophone et d'autre part, le concept de représentation occurrente issu de la littérature francophone. Une synthèse des modèles sera réalisée et nous les discuterons au regard des fondements épistémologiques sur lesquels ils se sont développés.

IV.1. Gestion d'un environnement dynamique, complexe et à risques : propriétés et impacts sur le fonctionnement cognitif d'un opérateur

Les situations dynamiques et à risques, bien que diverses, présentent un ensemble de caractéristiques communes identifiées et décrites dans plusieurs ouvrages de littérature (Amalberti, 1996; Cellier, Keyser (De), & Valot, 1996; Hoc, 1996). Cette section vise à présenter les spécificités des situations dynamiques et ce qu'elles impliquent pour les activités cognitives des opérateurs. La démarche n'est pas nouvelle et plusieurs travaux ont été menés notamment dans les domaines du contrôle de processus industriel (Samurçay & Hoc, 1996), du pilotage d'avion (Par exemple :Amalberti, 1996) et maritime (Chauvin, 2000).

Un environnement dynamique est défini par le fait que l'état du système évolue avec ou sans l'intervention des opérateurs. La gestion du temps occupe alors une place importante dans l'activité dans la mesure où l'évolution des propriétés de la situation n'est que partiellement prévisible et les possibilités d'action des opérateurs sur le système sont limitées (Samurçay & Hoc, 1996). Ces derniers sont alors contraints à prendre des décisions à partir d'informations incomplètes du fait de l'évolution de la situation et des différents délais inhérents au système. Un *délai de transmission* de l'information variable est présent entre l'évolution d'un paramètre de la situation et le moment où cette information est disponible pour l'opérateur. Dans un sous-marin, les répercussions de ce délai sur l'activité des opérateurs sont accentuées par une forte incertitude quant à certaines données de l'environnement. Cette incertitude est due au fait que sous l'eau et dans un souci de discrétion, les

systèmes embarqués du sous-marin ne permettent pas aux opérateurs de connaître leur position exacte. Un autre délai, relatif à l'inertie du système, apparaît entre le moment où l'opérateur demande une action au système et le moment où cette action est effective. Ce délai est variable en fonction du type d'action dans le sous-marin. La dynamique associée à l'inertie du système est comparable à celle identifiée dans le domaine maritime et peut s'avérer être une contrainte majeure dans les situations où les opérateurs doivent mettre en œuvre des actions rapides. Ceci constitue une des raisons pour lesquelles les mécanismes d'anticipation revêtent une importante majeure dans ce genre de système. Un troisième type de délai, dit de réponse, correspond à la latence entre le moment où une action a lieu et son résultat observable par l'opérateur. Ce type de délai est lui aussi accentué par l'incertitude abordée précédemment. La maîtrise de la situation dépend directement de la possibilité pour l'opérateur d'avoir connaissance de ces délais. On peut ainsi distinguer différentes vitesses de processus, qui conditionnent les activités de diagnostic des opérateurs (Hoc, 1996).

Historiquement, les activités de diagnostic ont été abordées conjointement à la prise de décision, dans un premier temps dans des situations statiques de résolution de problème puis dans les situations dynamiques. Une définition du diagnostic a été proposée par Hoc & Amalberti (1994) et postule qu'il est nécessaire d'envisager le diagnostic comme une activité finalisée par la prise de décision, soulignant ainsi son lien direct à l'activité. Cette approche les a conduits à envisager différents niveaux de contrôle qui permettent d'articuler la dynamique des activités cognitives à celle de la situation. Plus tard, les modalités de ce contrôle cognitif adaptatif aux situations ont été classées selon deux dimensions : le niveau d'abstraction, avec la manipulation d'informations symboliques ou subsymboliques, et l'origine des données pour le contrôle qui peuvent être externes ou internes (Hoc, Amalberti, Cellier, & Grosjean, 2004). Le réglage de ce niveau de contrôle permet à l'opérateur d'effectuer un compromis cognitif entre l'usage des ressources qu'il considère disponibles et la performance qu'il vise atteindre. Le compromis est donc directement conditionné par la maîtrise subjective (du point de vue de l'opérateur) de la situation et respecte un principe d'économie cognitive (Hoc & Darses, 2004). Afin de garder la maîtrise de la situation, l'opérateur doit être capable de mobiliser des connaissances approfondies sur l'environnement afin d'anticiper l'évolution du système, en lien ou non avec la mise en œuvre de ses actions. Cette anticipation est rendue difficile par la complexité du système, l'incertitude et les évènements imprévus, et il est nécessaire pour l'opérateur de développer des mécanismes d'adaptation. L'adaptation est un élément crucial dans la maîtrise de la situation en environnement dynamique, et plus particulièrement l'adaptation temporelle. Les mécanismes qui sous-tendent cette adaptation sont liés à des stratégies d'anticipation et de réduction de la complexité acquises par l'expertise. Ces

stratégies sont importantes pour l'ajustement du compromis cognitif en fonction des situations. Dusire (2000) identifie cet ajustement, et le réglage fonctionnel des représentations qu'il permet, comme une des caractéristiques principales du concept de conscience de la situation.

IV.2. Emergence et développement du concept de Conscience de la Situation

Parallèlement au champ d'étude francophone de la gestion des environnements dynamiques, la notion de conscience de la situation (CS), d'abord développée dans le domaine aéronautique, a pris de l'ampleur jusqu'à devenir un sujet recherche très populaire dans le domaine des facteurs humains outre-Atlantique. Cependant, le concept n'a que peu été mobilisé par les chercheurs francophones, probablement du fait de sa parenté manifeste avec d'autres concepts tels que celui de représentation mentale et de modèle mental (Theureau, 1997). Ceci a conduit plusieurs chercheurs à proposer un « regard croisé » entre les domaines de l'aéronautique et de la conduite automobile (Bellet, Bailly-Asuni, Boy, Boverie, & Hoc, 2006), et plus globalement entre les différents concepts mobilisés dans l'étude des activités cognitives des opérateurs engagés dans la gestion d'environnements dynamiques (Chalandon, 2007; Dusire, 2000; Salmon, Stanton, Walker, Baber, et al., 2008).

Les premières définitions de la CS rassemblées dans l'article de (Fracker, 1988) la caractérisent toutes comme un état de connaissances d'éléments de l'environnement et de leur évolution dans le temps (Endsley, 1988; Harwood, Barnett, & Wickens, 1988; Tolk & Keether, 1982; Whitaker & Klein, 1988).

Le concept de conscience de la situation est apparu dans le domaine aéronautique militaire, et n'avait à l'époque pas réellement d'équivalent dans les thèmes d'étude de la communauté scientifique ayant pour objet de recherche les facteurs humains dans l'aéronautique (Grau, Menu, & Amalberti, 1995). Les premiers travaux scientifiques, menés par des médecins, ont abordé la conscience de la situation uniquement sous l'angle de l'intégration multi-sensorielle et de la désorientation spatiale. A cette époque, la complexité croissante des environnements aéronautiques impliquait pour les pilotes, civils et militaires, l'intégration d'une quantité grandissante d'informations de différents types (Bailly, 2004). La conscience de la situation a ainsi été identifiée comme cruciale pour la sécurité et la performance dans ce type d'environnements.

Depuis ces premiers travaux, le concept de CS a connu un important élan de popularité et a été étudié dans de nombreux contextes opérationnels tels que le domaine militaire (Endsley, 1993; Grau & Amalberti, 1990; Stanton et al., 2006a; Stewart et al., 2008), les transports (Chauvin & Clostermann, 2015; Golightly, Wilson, Lowe, & Sharples, 2010; Gugerty, 1997), le sport (Bourbousson, Poizat, Saury, & Sève, 2011; Macquet & Stanton, 2014), la médecine (Fioratou,

Flin, Glavin, & Patey, 2010; Hazlehurst, McMullen, & Gorman, 2007) et le nucléaire (Patrick & Morgan, 2010).

Bien que le concept mobilisé porte le même nom, ces travaux se distinguent selon qu'ils abordent la Conscience de la Situation sous l'angle de l'individu, d'un collectif ou d'un système, qu'ils s'inscrivent dans une recherche appliquée à des situations plus ou moins spécifiques, ou encore selon que leur contribution porte plutôt sur l'aspect théorique, méthodologique ou opérationnel. Il semble donc important de préciser les points de divergence qui existent entre les multiples définitions de ce concept. Les premières définitions se contentaient de dresser la liste des informations qu'un pilote doit connaître ou des buts qu'il doit satisfaire pour réaliser la mission (Fracker, 1988). Le développement de la psychologie cognitive dans les années 1980 a permis d'aborder le concept de conscience de la situation sous l'angle de la théorie du traitement de l'information et des limites des capacités cognitives des opérateurs. Les auteurs s'inscrivant dans ce courant ont tenté d'articuler la conscience de la situation avec les notions de mémoire de travail, d'attention et de charge de travail (Endsley, 1988; Fracker, 1988).

Par la suite, une approche complémentaire a été proposée dans le cadre du courant ergonomique de façon à confronter les connaissances en psychologie cognitive aux résultats de l'analyse de l'activité en s'appuyant sur des études plus proches des situations réelles. L'apport principal de ces travaux a été une meilleure prise en compte des caractéristiques dynamiques des situations de travail (Amalberti & Deblon, 1992; Sarter & Woods, 1991).

La notion de *situation awareness* est difficilement traduisible en français et englobe un ensemble de phénomènes qui vont de « l'attention » à la « conscience » (Theureau, 1997). Au-delà de cette ambiguïté due au langage, les limites concernant les mécanismes cognitifs impliqués dans l'élaboration de la conscience de la situation sont floues. Selon Hoffman (2015b), le même flou existe pour le concept d'attention qui partage avec la conscience de la situation les mêmes liens de parenté conceptuelle, au point qu'il est difficile de clairement différencier les deux. Cet éclairage sur l'évolution conjointe d'un concept psychologique avec les situations dans lesquelles il est étudié nous semble très utile pour discuter de la pertinence de modèles utilisés pour étudier des situations fortement spécifiques. Cela permet aussi de relativiser les oppositions théoriques et les rapports de domination entre les différents paradigmes qui n'ont cessé de s'alterner.

Les sections suivantes nous permettront néanmoins de voir que les modèles sont unanimes concernant certaines caractéristiques associées à la CS, telles que sa finalisation (« comprendre pour agir ») et sa fonction anticipatrice (Chalandon, 2003).

IV.3. Modèles théoriques de la Conscience de la Situation individuelle

Nous avons choisi de reprendre la catégorisation de (Chalandon, 1998) afin de décrire les quatre familles d'approches s'apparentant à la CS: l'approche « linéaire », l'approche « centrée sur les contraintes », l'approche « centrée sur la régulation », et l'approche « réactive ». Nous ajoutons à ces dernières l'approche « réflexive et motivationnelle ». Nous présenterons les caractéristiques de chaque approche, ainsi que les points communs et les différences qu'il existe entre ces dernières.

IV.3.1. Approche « linéaire » : le modèle cognitif d'Endsley (1995)

A ce jour, le modèle cognitif à trois niveaux développé par (Endsley, 1995b) constitue le modèle dominant de CS (*Situation Awareness* dans la version anglophone). Il cherche à rendre compte de la façon dont les opérateurs perçoivent les éléments de l'environnement dynamique et leur donnent du sens dans le but de prédire l'évolution future du processus. Il s'inspire des modèles de traitement de l'information dominants dans les années 80, qui adoptent une vision séquentielle et hiérarchique de la cognition. Dans son article de 1995, Endsley identifie la CS comme un état instantané de connaissances, construit à partir de processus cognitifs hiérarchiquement et temporellement organisés et orientés vers la prise de décision et l'action. Ce produit de l'activité cognitive qu'elle nomme « *Situation Awareness* » évolue et s'adapte au cours du temps. Il est élaboré et maintenu à jour par ce qu'elle nomme « *Situation Assessment* » et qui correspond au processus. La CS y est définie par Endsley comme « la perception des éléments de l'environnement dans un volume de temps et d'espace, la compréhension de leur sens et une projection de leur état dans un futur proche » (Endsley, 1988, pp.98). Cet état de connaissances est posé comme conscientisable, et peut donc être verbalisé a posteriori.

IV.3.1.1. Présentation du modèle de Endsley (1995)

Le modèle comprend trois étapes organisées et consacrées à l'élaboration de la SA, où chaque niveau est inclus dans le ou les niveaux supérieurs (cf. Figure 7).

Niveau 1 (CS1) — Ce niveau de CS correspond à la perception des éléments de la situation occurrente. La recherche de ces éléments peut être dirigée par des facteurs individuels tels que les attentes et objectifs de l'individu. Le niveau CS1 permet la détection des états, des attributs et de la dynamique des éléments de la situation actuelle. Pour un pilote sous-marinier, elles peuvent concerner la situation du sous-marin dans son environnement (vitesse, position, immersion, fond sous la quille, route), les informations concernant le système technique et sociotechnique (avaries, actions effectuées par les autres membres de l'équipe, etc.)

Niveau 2 (CS2) — Il fait intervenir la compréhension et la signification des éléments de la situation actuelle à partir de l'interprétation des informations perçues (niveau 1). Il permet à l'individu de mettre en relation les éléments perçus dans l'environnement avec les objectifs poursuivis, de façon à déterminer si l'évolution actuelle de la situation correspond à ses attentes et buts. La mise à jour de ce niveau lui permet de procéder à des ajustements dans sa prise d'informations et ses décisions, en passant si besoin par la projection de l'évolution des éléments de la situation (niveau 3).

Niveau 3 (CS3) — Ce niveau consiste en une projection de l'évolution des éléments de la situation actuelle. Cette projection dépend à la fois de la connaissance des éléments perçus (CS1) et de leur compréhension à un temps t (CS2). Il permet l'adaptation du plan d'actions en fonction de l'anticipation de l'état futur des éléments de la situation.

La qualité de chaque niveau de CS est influencée par la combinaison de *facteurs liés à l'activité* (stress, design des interfaces, automatisation) et des *facteurs liés à l'opérateur* (processus cognitifs, buts, attentes, expertise). Selon ce modèle, la prise de décision de l'individu et l'exécution des actions sont directement déterminées par la conscience de la situation développée par l'opérateur. Endsley part du postulat que la CS conditionne la qualité des décisions et la performance. Une bonne CS peut être considérée comme un facteur augmentant la probabilité d'avoir une bonne performance, mais ne la garantit pas.

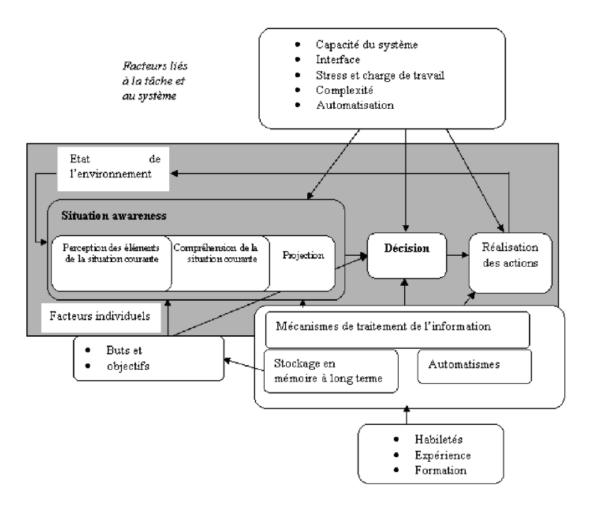


Figure 7. — Modèle de Conscience de la Situation (Endsley, 1995, traduit par Chauvin, Closterman et Hoc, 2008)

L'intérêt de ce modèle est qu'il tente d'articuler certains des concepts fondateurs de la psychologie cognitive (ressources attentionnelles, mémoire, prise de décision) dans un modèle simple et global pour étudier l'élaboration d'un produit cognitif permettant de décider et d'agir (Chalandon, 2003). Ces fonctions cognitives impliquées dans l'élaboration de la CS ont plus amplement été détaillées par la suite (Endsley & Robertson, 2000). L'auteur y distingue les fonctions suivantes :

Le traitement pré-attentif, notion développée dans le cadre des travaux sur le traitement de l'information par Norman (1976) et (Wickens, 1992), permet le traitement en parallèle des caractéristiques de l'environnement et qui dirige l'attention.

L'attention conditionne la capacité à traiter les informations de l'environnement et qui, d'après Endsley, constitue une des limites majeures à l'élaboration de la CS. Elle explique que la quantité d'informations à traiter, les tâches simultanées et la prise de décision dans les systèmes dynamiques et complexes peut saturer les capacités attentionnelles, ce qui implique des stratégies nécessaires en mémoire à long terme et en mémoire de travail.

La perception, qui est orientée par le contenu de la mémoire à long terme et de la mémoire de travail, ce qui permet d'améliorer la rapidité de détection d'une information recherchée. L'expertise permet de développer des connaissances sur les éléments saillants de l'environnement et de réaliser une classification plus fine de ces derniers, ce qui conditionne la richesse des éléments qui seront perçus dans le niveau 1.

La mémoire de travail, dans laquelle les éléments perçus sont stockés temporairement. Ces informations sont comparées aux connaissances stockées en mémoire à long terme et permettent de développer une image de la situation courante qui correspond au niveau 2. La projection de l'état futur de la situation et les décisions qui en découlent sont aussi traitées dans la mémoire de travail. Ces processus de traitement induisent une charge importante sur la mémoire de travail, qui est alors identifiée comme le facteur limitant pour l'élaboration de la CS (argument repris de Fracker, 1988).

La mémoire à long terme contient les informations plus stables dans le temps, construites par les expériences passées. Elle permet, d'après Endsley, de contourner les limites attentionnelles et de la mémoire de travail. Endsley mobilise trois concepts issus de la psychologie cognitive qu'elle articule pour décrire le lien entre la mémoire à long terme et les différentes étapes de CS. Les schémas, définis comme des informations prototypiques sur les situations stockées en mémoire à long terme, fournissent des cadres de connaissance globale sur les objets, scènes ou évènements, et peuvent être activés pour faciliter la compréhension de la situation courante (cf. Figure 8). Les modèles mentaux, définis comme des schémas complexes et continuellement remodelés, stockés en MLT, sont activés lorsqu'une situation particulière est reconnue. Les connaissances sur le système qu'ils contiennent permettent à l'attention de se diriger sur les éléments pertinents dans une première étape de catégorisation de la situation (niveau 1), de donner du sens pour comprendre la situation (niveau 2) et fournissent un moyen d'anticiper des états futurs de la situation (niveau 3). Un troisième concept est mobilisé par Endsley, celui des scripts, qui représentent un type particulier de schémas. Ils contiennent des séquences d'actions en fonction des situations et des tâches à effectuer. L'expérience permet aux individus d'affiner leurs modèles par une catégorisation plus fine des caractéristiques de la situation.

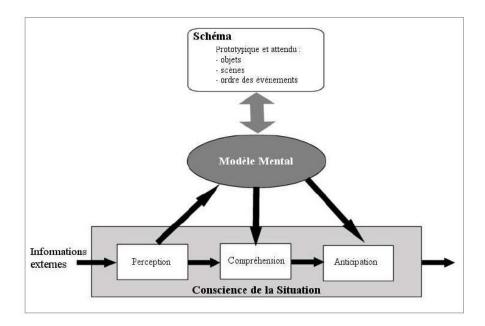


Figure 8. — Articulation entre les concepts de Schéma, de Modèle mental et de Conscience de la Situation (Jones & Endsley, 2000 traduit par Bailly 2004)

Les *automatismes* permettent de pallier les limites des ressources attentionnelles afin d'effectuer des actions sans passer par les étapes de construction de la conscience de la situation et de prise de décision. Pour Endsley, les individus sont conscients des éléments qui déclenchent les automatismes et qui correspondent à la première étape de CS, mais n'ont pas accès aux traitements qui les conduisent à prendre une décision lorsque les mécanismes sont automatisés. Selon elle, l'utilisation de processus automatisés permet d'améliorer la performance en optimisant la quantité de ressources attentionnelles nécessaires. Cependant, cette automatisation implique pour l'individu l'impossibilité d'accéder aux modèles internes utilisés, et potentiellement aux éléments de l'environnement qui ont déclenché l'activation de ces modèles. De plus, elle identifie le risque de ne pas pouvoir diriger son attention sur de nouveaux éléments de la situation lorsque les processus automatisés se déclenchent.

Les buts de l'individu influencent directement la prise de décision, laquelle est orientée par la CS. L'alternance de processus ascendants et descendants, identifiés par (Casson, 1983), permet à l'individu de réajuster continuellement les objectifs lors de l'activité. Les processus ascendants (bottom-up) sont dirigés par les données de l'environnement qui sont catégorisées et permettent l'actualisation des schémas relativement aux objectifs poursuivis. Les processus descendants (top-down) sont dirigés par les connaissances et permettent à partir de l'activation d'un schéma relativement aux objectifs poursuivis, et de juger en conséquence de la pertinence des informations disponibles dans l'environnement.

IV.3.1.2. Points forts et limites de cette approche

Pour résumer, les principaux facteurs limitant dans l'élaboration de la CS sont les ressources attentionnelles et la capacité de la mémoire de travail. L'expérience permet de contourner ces limites par des connaissances stockées en mémoire à long terme sous forme de schémas et de modèles mentaux, continuellement mis à jour, qui fournissent un cadre pour sélectionner, comprendre et anticiper sur l'évolution des situations, et ce même quand la quantité d'informations disponibles dans l'environnement est restreinte. La capacité des individus à reconnaître les éléments pertinents de la situation et à les mettre en relation aux connaissances antérieures est cruciale dans le processus de construction de la CS (pattern-matching). Une boucle de rétroaction permet à l'individu de s'adapter à la dynamique de la situation.

Chalandon (2003) considère que cette approche constitue une utilisation normative du modèle puisqu'Endsley propose à partir de cette taxonomie d'établir une liste des conditions optimales en termes d'informations sur la situation pour la construction de la CS, et ce, quelle que soit la variabilité inter et intra-individuelle. Neyns (2011) questionne aussi la pertinence de la vision de la CS comme état instantané de connaissance dans la mesure où le traitement parallèle d'informations permet à l'opérateur d'évaluer ses décisions d'action de façon simultanée à leur réalisation. Une autre critique du modèle d'Endsley porte sur la relation linéaire entre les niveaux (Salmon, Stanton, & Young, 2012; Sorensen, Stanton, & Banks, 2011). En effet, la représentation schématique du modèle est souvent interprétée comme une suite d'opérations linéaires de pensée dans la tradition des modèles de traitement de l'information. La remise en cause de la linéarité n'est pas spécifique à ce modèle de CS puisque Montmollin en faisait déjà la critique concernant des modèles cognitifs plus anciens (Montmollin (De), 1986).

Endsley (2015) répond à cette critique par la mise en avant de l'aspect itératif et dynamique du processus dans son modèle. Elle rappelle que le traitement des informations décrit par son modèle peut être orienté par les données (*bottom-up*) mais aussi par les buts (*top-down*). Dans le cas du traitement guidé par les buts, la compréhension et/ou la projection de la situation peut orienter la recherche d'informations de façon à alimenter la représentation de la situation que se fait l'opérateur.

On retiendra de ce modèle à trois niveaux d'Endsley (Endsley, 1988, 1995a, 1995b) qu'il présente des atouts conceptuels qui expliquent sa popularité : sa clarté, son aspect intuitif, le lien avec les notions de mémoire et d'attention, et le découpage en trois niveaux distincts qui permet le développement de mesures de la CS (Salmon, Stanton, Walker, & Green, 2006).

IV.3.2. Approche « réactive » : modèle du Sensemaking de Klein (1995)

L'approche réactive présente un grand nombre de similitudes avec l'approche linéaire mais s'en distingue dans la mesure où elle propose une conception moins large des mécanismes de décision (Klein, 2015a). Cette approche, qui s'inscrit dans le champ de la recherche de la *Naturalistic Decision Making (NDM)*, se focalise spécifiquement sur la façon avec laquelle les individus donnent du sens aux situations pour agir (*sensemaking*). Cette signification est construite à partir de mécanismes de reconnaissance de patterns significatifs pour l'action (Klein, 1995). Ils permettent à l'individu de prendre des décisions sans avoir la possibilité d'accéder à toutes les informations nécessaires pour avoir une vision globale de la situation. Ce modèle a été construit en complément du modèle de *Recognition-Prime-Decision* (RPD), qui comprend plus largement les processus de prise de décision.

IV.3.2.1. Présentation du modèle de Sensemaking (Klein, 1995)

Le modèle de *sensemaking* se focalise principalement sur les mécanismes de sélection des données pertinentes dans l'environnement. Le concept clé nommé *frame* est défini comme une représentation interne et a priori de la situation (Klein, Moon, & Hoffman, 2006). Cette représentation fournit un cadre au travers duquel sont perçues les données de l'environnement. En retour, les données font évoluer le cadre à mesure que la situation change. La Figure 9 illustre cette présence conjointe de plusieurs processus permettant la mise à jour ou la conservation de ce cadre.

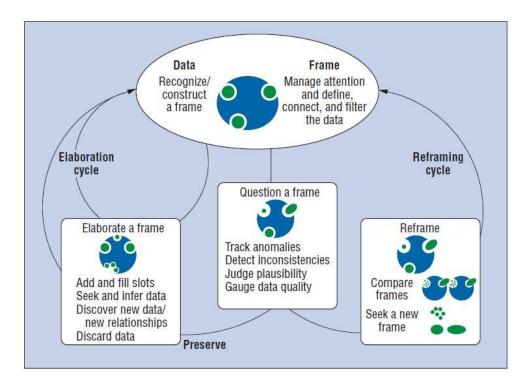


Figure 9. — Théorie Data/Frame du sensemaking (Klein, 2006)

Le modèle décrit un processus permettant le traitement des informations pertinentes en fonction du cadre actuel (*elaboration cycle*) ainsi qu'un processus de remise en question du cadre qui permet de le conserver s'il est satisfaisant pour expliquer la situation actuelle (*preserve*) ou de créer un nouveau cadre si le cadre actuel ne permet pas de donner sens aux données (*reframing cycle*). Les deux processus *elaboration cycle* et *preserve* correspondent à la notion d'assimilation chez Piaget, et le *reframing* s'apparente à l'accommodation. Le mécanisme cognitif mobilisé par Klein pour expliquer ces processus se base sur un cycle entre création de modèle mental (pour expliquer les relations passées) et de simulation mentale (pour anticiper les relations futures).

IV.3.2.2. Points communs et différences avec les autres approches

Pour résumer, le *sensemaking* regroupe les processus qui permettent l'acquisition de ces états de connaissance (Klein et al., 2006), alors que le modèle linaire aborde la CS sous l'angle d'états de connaissance relatifs à la situation. En cela, on peut dire que le *sensemaking* correspond au concept de *situation assessment* d'Endlsey.

Sur le plan théorique, l'approche réactive nous semble plus proche de l'approche écologique que de l'approche linéaire. Bien que la prise en compte des caractéristiques des situations réelles, telle que proposée par le modèle de *sensemaking* nous paraisse intéressante, ce modèle semble plus adapté à l'analyse de situations routinières qu'aux situations dans lesquelles une évaluation consciente de la situation est nécessaire (Hoc, 2007).

IV.3.3. Approche « réflexive et motivationnelle » : le modèle fonctionnel de l'activité de réflexion et d'orientation de Bedny & Meister (1999)

Le modèle fonctionnel de l'activité de réflexion et d'orientation se base sur la théorie de l'activité développée par Vygotsky (1960, cité dans (Bedny, Seglin, & Meister, 2000)). Cette théorie s'inscrit dans la lignée des travaux soviétiques qui visaient à construire une théorie unifiée de modélisation des comportements avec un niveau de généralisation important. La théorie de l'activité place l'action au centre de l'analyse de l'activité, ce qui englobe à la fois les activités cognitives et motrices (Bedny et al., 2000).

IV.3.3.1. Présentation du modèle fonctionnel de l'activité de réflexion et d'orientation (Bedny & Meister, 1999)

Ce qui différencie cette approche des théories issues de la psychologie cognitive est l'articulation qu'elle fait entre les activités motrices et cognitives, qu'elle considère interdépendantes. Dans cette vision, les activités motrices incluent une composante cognitive, et inversement. Ces deux types d'activités sont influencés par une composante motivationnelle et sont orientés vers un but conscient. Les motivations orientent le but et sont influencées par le sens que donne l'individu à ce but, par les conséquences potentielles d'un échec et dépendent de la difficulté perçue par l'individu pour atteindre le but poursuivi. Les buts représentent une image schématique, dite opérative, des résultats futurs de l'activité qui permet à l'individu de prendre des décisions. Les buts sont atteints par la mise en place de systèmes d'actions qui sont sélectionnés en fonction des changements dans l'environnement. Les comportements sont directement guidés par les buts spécifiques qui permettent à l'individu d'atteindre le but global associé à la tâche. L'action résulte d'un traitement actif d'images internes et de représentations cognitives. Les processus cognitifs issus de la psychologie cognitive, tels que la perception, la mémoire ou l'exécution de l'action, ne sont pas abordés de façon spécifique (Stanton, Chambers, & Piggott, 2001). La théorie de l'activité considère les processus cognitifs de façon globale comme un ensemble de systèmes d'actions et d'opérations mentales finalisées et orientées pour atteindre un but. Dans le modèle de (Bedny et al., 2000), l'activité résulte d'un système autorégulé et se divise en trois étapes : l'orientation, l'exécution et l'évaluation. Dans l'étape d'orientation, l'individu développe une représentation interne de la situation. Cette représentation consiste en une image subjective de la réalité qui permet à l'individu d'interpréter la situation occurrente et d'anticiper sur son évolution. L'exécution comprend les processus décisionnels et l'exécution des actions orientés vers la poursuite des buts. L'évaluation permet la prise en compte du résultat des actions qui ont été effectuées de façon à ajuster les actions futures (exécution) et l'image dynamique du monde (orientation).

Chaque bloc fonctionnel du modèle joue un rôle dans l'élaboration de la CS (cf. Figure 10). L'interprétation des informations (bloc 1) est influencée conjointement par les buts de l'individu (bloc 2) et par le modèle conceptuel de la situation occurrente construit à partir de l'expérience passée (blocs 8 et 7). A son tour, l'interprétation des informations va influencer les buts de l'individu, le modèle conceptuel de la situation et par ce biais l'expérience. Les éléments de la situation pertinents pour la poursuite des buts sont sélectionnés (bloc 3) en fonction de la motivation de l'individu (bloc 4), ce qui permet d'orienter l'exploration de l'environnement. Les buts de l'individu (bloc 2) et son évaluation de la situation (bloc 6) déterminent son implication dans la tâche. Il résulte de cette interaction entre l'individu et son environnement une expérience stockée (bloc 7) qui pourra être utilisée à son tour pour enrichir le modèle conceptuel (bloc 8).

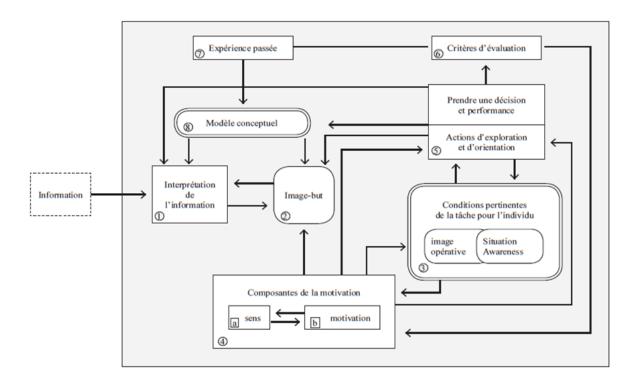


Figure 10. — Modèle de l'activité de réflexion et d'orientation (Bedny & Meister, 1999 ; traduit par Bailly, 2004)

Les éléments importants de ce modèle sont l'influence réciproque des buts et du modèle conceptuel sur l'interprétation des informations (bloc 2), ainsi que les conditions identifiées comme pertinentes par l'individu pour son activité (bloc 3). Ce modèle permet d'expliquer la création et le développement de modèles évolutifs de la situation, en insistant sur l'influence des buts de l'individu et les conditions de réalisation de l'activité sur la construction de ces modèles.

IV.3.3.2. Points communs et différences avec les autres approches

Il est aisé de voir les similitudes entre l'étape d'orientation et la CS en tant que modèle interne élaboré par un individu pour comprendre son environnement, qui précède la prise de décision et l'exécution de l'action. L'implication de la mémoire de travail identifiée par (Bedny & Karwowski, 2003) dans le fonctionnement du bloc 3 confirme la similarité des fonctions cognitives qui soustendent la construction des représentations de la situation chez cet auteur et Endsley.

Dans le modèle fonctionnel de l'activité, la CS consiste en la réflexion des informations pertinentes pour réaliser des actions, qui sont actualisées en fonction de la dynamique de l'environnement et toujours en relation avec le but. Cette prise en compte des buts de l'individu dans leur modèle constitue un point de divergence avec le modèle d'Endsley. De plus, Bedny et Meister (*op. cit.*) considèrent que la sérialité du modèle d'Endsley ne permet pas de prendre en compte les liens étroits entre l'élaboration de la CS et l'action. Ils lui reprochent aussi l'absence d'influence des processus psychiques tels que la motivation dans son modèle.

Pour synthétiser, les différences majeures entre l'approche « réflexive et motivationnelle » et l'approche « linéaire » portent sur :

- Le caractère plus globalisant du modèle fonctionnel;
- Le niveau d'interdépendance des activités cognitives et motrices ;
- L'importance des buts dans la construction du sens ;
- La mobilisation d'une structure opératoire supplémentaire dans l'approche « réflexive et motivationnelle » qui rend compte de l'identification par l'individu des conditions pertinentes de la tâche.

IV.3.4. Approche « centrée sur les contraintes »

IV.3.4.1. Le modèle écologique (Smith & Hancock, 1994)

Le modèle écologique développé par Smith and Hancock (1994) se base sur la théorie du Cycle Perception-Action de Neisser (1976). Cette théorie prend racine dans les travaux de Gibson (1979), eux-mêmes inspirés par les travaux gestaltistes des années 1930. La théorie de la perception de Gibson considère qu'un individu perçoit directement les informations de son environnement, sans passer par des représentations mentales intermédiaires comme l'avancent les cognitivistes. Cette approche introduit la notion d'affordances, définies comme les possibilités d'interactions entre l'individu et son environnement. Les affordances sont donc perçues directement et représentent les invariants de la situation. Ce qui est perçu est ici plus important que les mécanismes qui permettent

de percevoir. Pour Gibson, la perception est une activité exploratoire active de l'environnement dont la fonction principale est de donner du sens à l'environnement en relation avec l'action.

La théorie de Neisser (1976), qui s'inspire de cette approche, avance que la perception est active, et ne peut être considérée indépendamment de l'action. Il reprend également le concept de schéma (Bartlett, 1932; Piaget & Gréco, 1959). Il introduit la notion de schèmes anticipatoires qu'il définit comme des plans pour l'action perceptuelle. Ces schèmes anticipatoires permettent la mise en relation des informations de l'environnement avec les connaissances, buts et expériences de l'individu. Les schémas orientent la perception et la compréhension de la situation de l'individu et s'adaptent aux expériences dans un mécanisme cyclique. Le sens émerge de l'interaction individuenvironnement par le biais d'influences mutuelles entre les structures de connaissances de l'individu et l'environnement sur la perception.

Le modèle écologique de Smith and Hancock (1994) s'inscrit dans cette approche et distingue la CS, considérée comme adaptative et dirigée consciemment vers les éléments externes liés à l'environnement, de l'introspection, dirigée vers les facteurs endogènes de l'agent (cf. Figure 11). Il est intéressant de noter que cette distinction entre mécanismes cognitifs orientés vers des facteurs externes ou internes avait été explicitée un siècle auparavant dans les travaux de Sully sur l'attention (cf. inner attention et outer attention, Sully, 1897 cité dans Hoffman, 2015b).

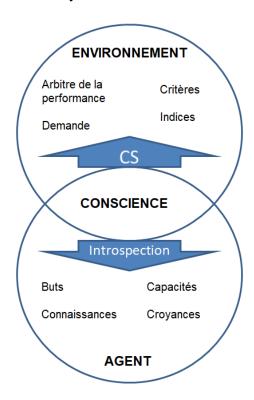


Figure 11. — Modèle écologique de la conscience de la situation (Smith et Hancock, 1994 ; notre traduction)

Smith et Hancock considèrent que la conception de la CS en tant qu'état de connaissances est une approche obsolète. La CS induit des comportements orientés vers des buts spécifiques dictés par la situation. La CS serait donc plutôt un invariant interne à l'individu, impliquée dans un processus cyclique et dynamique de construction de connaissances qui permet à l'individu d'agir sur son environnement. De la même façon que dans la conception de Neisser, les relations entre les éléments de l'environnement déterminent ce que l'individu a besoin de savoir pour atteindre les buts qui lui ont été donnés par un agent externe. Les produits de la CS sont à la fois les connaissances mais aussi les actions possibles dans l'environnement.

Sans pour autant parler d'attention, Smith et Hancock considèrent la CS comme la capacité à diriger sa conscience pour atteindre une performance suffisante en fonction de l'évolution de la situation. Ils proposent une définition de la CS basée sur une forme particulière d'adaptation (Holland, 1975, cité par Smith et Hancock, 1994). C'est-à-dire que l'agent mène à bien le processus de mobilisation de ses ressources pour répondre adéquatement à une situation donnée, malgré les contraintes.

Un des points clés de ce modèle réside dans ce qu'ils appellent l'arbitre de performance, qui est lié pour eux à la dimension normative imposée par les critères de performance et des conditions pour atteindre les buts, et qui sont donc externes à l'individu. Pour atteindre une performance suffisante, il est nécessaire pour l'individu de développer une capacité à adapter son comportement pour satisfaire les critères et les conditions qui auront préalablement été identifiés. C'est pour cela qu'ils considèrent la CS comme dirigée vers des données extérieures, relatives à l'environnement.

En résumé, les comportements de l'individu dépendent de ses connaissances et sont orientés vers un but dicté par l'environnement, qui n'est donc pas dicté uniquement par un choix conscient de l'individu. Une fois le but identifié, il est alors possible d'évaluer la performance de l'individu au travers de ses comportements. Aussi, il est possible pour l'individu d'être l'arbitre de sa propre performance, dans la mesure où le but a explicitement été défini a priori. Ceci implique qu'il est important d'avoir une compréhension suffisante des interactions entre l'individu et son environnement pour étudier la CS.

Les auteurs déduisent de cette conception deux conditions nécessaires pour étudier la CS d'un individu : (i) l'individu doit être activement en recherche d'informations et de réalisation d'actions, il ne suffit pas d'être passivement attentif à son environnement ; (ii) un but doit être identifié et activement poursuivi. Dans le cas où une activité ne réunit pas ces conditions, les auteurs considèrent qu'il ne s'agit pas de CS mais d'introspection. Le point clé dans cette approche réside donc dans l'importance de l'intention de l'individu dans la mise en relation de ses buts, attentes et connaissances avec les informations de l'environnement pour acquérir une CS.

IV.3.4.1. La version étendue du cycle perception-action (Adams, Tenney & Pew 1995)

Par la suite, Adams, Tenney, and Pew (1995) ont tenté d'identifier les mécanismes cognitifs qui sous-tendent l'élaboration de la CS. Ils dressent le même constat que Smith et Hancock quant à la conception de la CS à la fois comme un état du schéma (produit) et comme état du cycle perceptuel (processus). Ils souscrivent aussi à la vision de Neisser (1976) et proposent une version modifiée du schéma étendu du cycle perceptuel (cf. Figure 12).

Le cercle intérieur de ce schéma représente le cycle perceptuel par lequel les connaissances préalables de l'individu, stockées sous forme de schémas ou de modèles mentaux, permettent une anticipation de certaines informations. Le schéma ainsi activé dirige l'exploration de l'environnement et influence la réceptivité et l'interprétation des informations disponibles. Le cercle extérieur représente le cycle exploratoire, qui permet de prendre en compte les informations que le schéma ne permettait pas d'anticiper, mais aussi les informations attendues qui ne sont pas présentes.

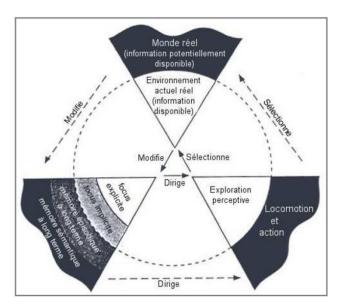


Figure 12. — Version étendue du cycle perception-action de Neisser (Adams, Tenney & Pew, 1995 ; traduit par Bailly, 2004)

En se basant sur les travaux de Garrod et Sanford (1981), Adams, Tenney et Pew (1995) proposent de subdiviser une partie que Neisser avait nommé « Environnement actuel » en deux éléments qui reposent sur un type de mémoire spécifique : le focus explicite et le focus implicite. Le focus explicite peut s'apparenter à la mémoire de travail et contient un nombre limité d'informations des schémas stockés en mémoire à long terme qui sont activés en fonction de leur utilité pour comprendre la situation. Le focus implicite contient une représentation plus globale du schéma auquel s'apparentent les informations présentes dans le focus explicite. Ces deux types de mémoires

actives sont sous-tendus par deux types de mémoire à long-terme, la mémoire épisodique et la mémoire sémantique, qui remplacent l'encart « cartes cognitives » dans le schéma de Neisser. La mémoire épisodique contient l'ensemble des connaissances relatives aux schémas construits précédemment, et la mémoire sémantique contient les connaissances plus générales.

Cette version étendue leur permet d'intégrer dans le cycle perceptuel plusieurs niveaux de traitements, qui permettent à l'individu de mobiliser plus ou moins de ressources en fonction des connaissances qu'il aura acquises sur la tâche, en dirigeant son attention sur des informations utiles avec le bon niveau d'abstraction. De plus, la circularité de ce modèle permet de mieux rendre compte de la dynamique des processus cognitifs et de fournir une alternative à la hiérarchie (voire la séquentialité) des trois niveaux d'Endsley (Bailly, 2004).

IV.3.4.2. Points communs et différences avec les autres approches

Pour synthétiser, les différences principales entre les modèle écologiques et cognitivistes portent sur :

- Le focus : il est placé sur les interactions entre l'individu et l'environnement plutôt que sur les processus cognitifs de l'individu ;
- Le caractère : il est plus actif de l'individu dans sa recherche d'informations dans l'environnement dans le modèle écologique ;
- L'absence de recours à un intermédiaire dans le modèle écologique, pour distinguer ce qui est perçu de celui qui perçoit ;
- La distinction entre produit (en tant que connaissances activées en mémoire de travail) et processus présente dans le modèle cognitiviste mais absente dans le modèle écologique.

Cette approche ne semble toutefois pas complétement incompatible avec les théories psychologiques du traitement de l'information (Vincow & Wickens, 1993). Une des implications de l'approche écologique pour comprendre la sécurité réside dans le déplacement du curseur d'analyse de l'activité, avec l'élargissement du scope au système plutôt qu'à un individu isolé. Bien qu'il considère qu'aucune approche écologique n'est suffisamment développée à ce jour, Dekker met en garde sur le danger associé à une approche centrée uniquement sur l'individu, qui pousse à surestimer la contribution des opérateurs dans les défaillances du système (Dekker, 2004, 2015).

Enfin, il serait intéressant de poser la question de la limite entre les concepts d'introspection et de CS dans la mesure où la présence simultanée de mécanismes conscients et inconscients pourrait être impliquée dans la construction du sens.

IV.3.5. Approche « centrée sur la régulation » : le modèle Gestion de Situation Dynamique GSD de Hoc et Amalberti

Le modèle de *diagnostic et de prise de décision en situation dynamique*, dit GSD (Hoc & Amalberti, 1995, 1999) s'articule autour de la notion de *représentation occurrente*, similaire au concept anglophone de *Situation Awareness* (Amalberti & Hoc, 1998b; Grau et al., 1995).

Nous l'avons vu, le rôle de l'opérateur dans ces environnements est de maintenir la situation sous un contrôle acceptable de façon à atteindre les objectifs de sécurité et de performances requises. Pour cela, il est crucial qu'il acquière et maintienne une compréhension suffisante de la situation de façon à prendre des décisions et à traiter les informations pertinentes, tout en subissant une contrainte temporelle dont l'impact sur l'activité peut varier.

IV.3.5.1. Une inspiration issue du modèle SRK

Tout comme de nombreux modèles ayant pour objet la compréhension du fonctionnement cognitif en situation dynamique, le modèle GSD prend racine dans la taxonomie de comportements SRK (pour Skills, Rules, Knowledge) de (Rasmussen, 1986). Ce dernier s'inscrit dans le champ de l'ingénierie cognitive des systèmes qui s'est développé dans l'objectif de mieux prendre en compte l'impact des contraintes de la situation sur l'activité des opérateurs (Rasmussen, Pejterson, & Goodstein, 1994). Rassmussen distingue différents niveaux de régulation mobilisés dans le contrôle cognitif de l'action. Le niveau de contrôle basé sur les habiletés (S) est relatif à des comportements hautement intégrés, basés sur des automatismes déclenchés par le traitement d'informations sensorielles, sans passer par une étape d'analyse de la signification de ces informations. Le niveau de contrôle basé sur les règles (R) met en jeu des comportements appris en réponse à des conditions spécifiques de la situation. Ces comportements sont guidés par des procédures ou des règles prescrites ou construites par expérience. Le niveau de contrôle basé sur les connaissances générales (K) entre en jeu lorsque les connaissances procédurales ne suffisent pas à déclencher un comportement. L'opérateur a alors besoin de mobiliser des connaissances déclaratives pour élaborer une représentation complexe qui lui permettra par exemple de résoudre des problèmes nouveaux. Le niveau des habiletés met en jeu le traitement d'informations subsymboliques tandis que les deux autres sont dédiés au traitement d'informations symboliques. Les niveaux dans lesquels les informations symboliques sont manipulées sont aussi plus coûteux en ressources attentionnelles. L'expertise permet aux opérateurs de développer à la fois des habiletés procédurales que d'acquérir des connaissances plus profondes. Ces connaissances permettront de limiter le besoin en ressources attentionnelles pour gérer les situations futures similaires. Ce modèle possède cependant un certain

nombre de limites, telles que son aspect sériel, la non prise en compte de la dimension dynamique des traitements et le manque de rétroaction entre les processus.

IV.3.5.2. Présentation du modèle de Gestion des Situations Dynamiques (GSD) (Hoc & Amalberti, 1994)

Le modèle de Gestion des Situations Dynamiques (GSD) de Hoc et Amalberti (1994) (cf. Figure 13) reprend l'architecture en double échelle du modèle de Rassmussen (1986) et apporte des modifications qui visent à répondre aux limites précédemment décrites. La représentation occurrente est placée au centre du modèle et construite à partir des informations fournies par l'environnement et des connaissances générales de l'opérateur. Elle comprend trois facettes : (i) une représentation des ressources disponibles, (ii) une représentation des actions possibles, et (iii) une représentation du processus et des buts à atteindre (Hoc, 1996). Ces connaissances ont trait aux processus mais aussi aux méta-connaissances de l'opérateur sur son activité (Valot, 1998). La construction de la représentation occurrente s'appuie sur des automatismes qui permettent à l'opérateur de mettre en œuvre des réponses sur-apprises et réduisent les problèmes futurs (Cellier & Hoc, 2001). La représentation mentale occurrente est définie comme une construction circonstancielle faite dans un contexte particulier et à des fins spécifiques (Richard, 1990). Elle constitue un modèle interne de la situation actuelle, et elle est finalisée par l'action. La notion de représentation occurrente correspond donc à peu de choses près à celle de la CS dans les modèles anglo-saxons.

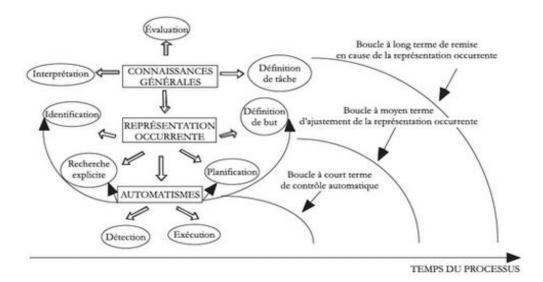


Figure 13. — Modèle de Gestion de Situation Dynamique (Hoc et Amalberti, 1994)

Dans le modèle GSD, les activités cognitives sont influencées par une dimension temporelle forte qui n'était pas explicitement présente dans la représentation schématique du modèle SRK. Les

auteurs identifient trois caractéristiques principales de leur conception du diagnostic et de la prise de décision en situation dynamique.

Les boucles de régulation. — Elles permettent une adaptation à la dynamique du processus avec une maîtrise de la situation à plus ou moins long terme. La boucle de contrôle à court terme s'appuie sur des automatismes et permet la mise en œuvre de réponses rapides, avec un niveau minimal de compréhension. La boucle de régulation à moyen terme, dont l'action est limitée dans le temps, s'appuie sur l'ajustement continu de la représentation occurrente pour la mise en œuvre de réponses avec un niveau de compréhension suffisant mais pas forcément global. La boucle de régulation à long terme permet de réorganiser de façon profonde la représentation occurrente et d'en évaluer la cohérence au regard de connaissances plus générales. Ces mécanismes de régulation peuvent être mobilisés de façon parallèle selon les ressources disponibles de l'opérateur et des contraintes environnementales auxquelles il est confronté. Cet ajout des boucles de rétroaction permet de mieux prendre en compte les mécanismes de supervision et d'émergence là où la séquentialité du modèle de Rassmussen induisait une vision principalement réactive des activités cognitives (Chalandon, 2007).

Les activités de diagnostic sont orientées vers l'action. — Les activités de diagnostic sont liées à l'action de façon plus ou moins étroite en fonction de la temporalité et des caractéristiques de la situation. Cette distinction permet d'expliquer que sous contrainte temporelle, l'opérateur prend des décisions avec une compréhension minimale mais incomplète de la situation, qu'il pourra compléter a posteriori lorsque la dynamique le lui permettra.

La dynamique du diagnostic. — Elle représente un facteur majeur à prendre en compte dans la compréhension des mécanismes d'adaptation de l'opérateur aux situations. C'est l'évaluation de cette dynamique par l'opérateur qui lui permettra de mettre en œuvre des stratégies de prise d'informations et de décisions adaptées.

Les mécanismes cognitifs impliqués dans la gestion simultanée de plusieurs buts ont été identifiés dans la littérature (§ IV.1). Ils s'appuient sur des modes de contrôle cognitif adaptatifs. Cette gestion en parallèle est rendue possible par le réajustement constant de la RO, de façon plus ou moins profonde, en fonction de l'évaluation de l'évolution de la situation qu'elle permet. Ainsi, la prise en compte préalable de l'impact de l'évolution de la situation sur ses moyens d'action peut permettre à l'opérateur de limiter la charge induite par ces réajustements pendant l'activité. Tout au long de l'activité, l'opérateur est donc engagé dans la réalisation d'un compromis entre des stratégies réactives et anticipatives qui lui permettent de s'adapter à ses ressources cognitives et à la dynamique du processus. Ce compromis cognitif, contrôlé par les méta-connaissances de

l'opérateur, lui permet d'agir même dans des situations où la dynamique contraint sa compréhension à un niveau qu'il pourrait juger insatisfaisant pour prendre une décision optimale (Amalberti, 2001).

IV.3.5.3. Points communs et différences avec les autres approches

Le concept de représentation occurrente de Hoc et Amalberti (1995) intègre donc non seulement une représentation du processus supervisé, mais aussi une représentation des ressources cognitives de l'opérateur. Ce dernier point est absent du modèle d'Endsley (1995b) et présent dans le modèle de Bedny et Meister (1999) qui s'inscrit lui aussi dans une approche centrée sur la régulation. Ces points communs entre les modèles de Hoc et Amalberti (op. cit.) d'une part, et celui de Bedny et Meister (op. cit.) d'autre part ne sont pas étonnants du fait de la proximité épistémologique des travaux de l'ergonomie francophone et de la psychologie soviétique.

Le point fort de cette approche centrée sur la régulation comparée aux autres approches réside dans la prise en compte de la dimension temporelle de l'élaboration de la conscience de la situation Hoc et Amalberti (*op.cit.*). La représentation occurrente est définie comme la capacité pour un opérateur de développer un modèle mental de la situation lui permettant une action efficace sur cette situation à court, moyen et long terme. Pour cela, elle est continuellement ajustée en fonction de la dynamique de la situation. Cet ajustement est rendu possible par des processus parallèles effectués à différents niveaux d'abstraction permettant la synchronisation de la conduite aux caractéristiques de la situation (Amalberti, 2001).

Ce modèle est celui qui possède le plus de points communs avec les autres modèles. Il partage la notion de représentation mentale avec l'approche linéaire, l'aspect finalisé avec l'approche motivationnelle, la prise en compte des contraintes de la situation avec l'approche centrée sur les contraintes et la prise en compte de la dynamique des situations avec l'approche décisionnelle.

IV.4. Mise en perspective des modèles

Pour synthétiser, un certain nombre de caractéristiques communes aux modèles de CS présentés précédemment peuvent être identifiées :

- La CS/ la RO est impliquée dans la prise de décision et liée à l'action. Ce lien avec l'action est cependant différent selon le modèle considéré. Ainsi le lien à l'action est linéaire dans le modèle d'Endsley, variable en fonction de la dynamique des situations dans le modèle GSD, et il est fort et indissociable dans les modèles écologiques et de l'activité.
- Tous les modèles soulignent l'importance de la mémoire de travail dans la construction et la modification de représentations mentales.

- Tous les modèles décrivent des structures de connaissances stockées de façon durable, qui évoluent en fonction des situations rencontrées et qui conditionnent le traitement des informations de l'environnement.
- Tous considèrent que les buts de l'individu conditionnent aussi le traitement des informations, bien que des différences existent entre les modèles quant à l'importance de ces buts dans la recherche d'informations et la construction du sens.

Les modèles présentent cependant plusieurs différences notables :

- Le premier point sur lequel les modèles ne s'accordent pas réside dans le fait qu'ils considèrent le produit et le processus de CS de façon indépendante ou non. Dans son article posant les bases de son modèle, Endsley (1995b) distinguait clairement la *situation awareness* (produit) de la *situation assessment* (processus) en tant que deux concepts distincts. Il lui est reproché d'être revenue sur cette distinction sans l'avoir clairement établi, ce qui aurait créé un flou dans la définition du concept (Flach, 2015; Klein, 2015b). Bien que les mécanismes mobilisés derrière ces deux notions diffèrent, les autres modèles se rejoignent sur l'idée qu'il n'est pas possible de distinguer dans l'analyse de la CS le produit du processus de traitement des informations.
- Les modèles ne prennent pas tous en compte les contraintes imposées par les situations aux opérateurs de la même façon, en particulier leur dynamique. Alors que le modèle GSD identifie la dimension temporelle comme une composante essentielle des situations et des activités cognitives, les autres modèles ne prennent pas directement en compte ce facteur dans leurs représentations schématiques de la CS. Cet aspect nous paraît crucial dans la mesure où il fournit une explication à la façon avec laquelle les opérateurs adaptent leurs stratégies de construction du sens dans les environnements dynamiques, lorsque la contrainte temporelle ne leur permet pas de prendre des décisions à partir d'une compréhension globale de la situation.
- Une autre variable dans les différents modèles est le point de vue plus ou moins actif de l'individu dans la construction du sens. Cette distinction fait écho à la différence de définition du concept de buts évoquée précédemment. Les modèles de l'activité, écologique, du sensemaking et GSD considèrent les buts comme fonctionnels et en relation avec l'activité de l'opérateur tandis que le modèle cognitiviste semble considérer les buts comme des éléments internes à l'individu.

Ces points communs et ces différences entre les approches ont un important impact sur les méthodes qui sont mises en œuvre pour étudier la CS. Si l'on prend l'exemple de la distinction entre produit

et processus, un modèle orienté sur les processus s'intéressera plutôt aux observables de l'activité impliqués dans l'acquisition et le maintien de la CS, tandis qu'un modèle orienté sur le produit s'intéressera aux informations conscientisables par l'opérateur pendant ou après l'activité.

IV.5. Discussion au regard des fondements épistémologiques des modèles

Les débats sur la conscience de la situation s'inscrivent dans la lignée de débats épistémologiques sur la conscience, débutés depuis la philosophie antique et se poursuivant jusqu'à l'émergence des sciences cognitives. Bien que développé depuis plus de 40 ans, ce concept donne encore aujourd'hui lieu à un débat scientifique riche et intense (Carsten & Vanderhaegen, 2015; Pritchett, 2015).

IV.5.1. Le modèle à trois niveaux d'Endsley : une ontologie cartésienne critiquée

Si l'on fait le bilan de la recherche scientifique concernant l'étude de la CS, on peut voir que la majorité des chercheurs utilisent le modèle à trois niveaux d'élaboration de la CS en environnement dynamique développé par Endsley (1995). Ce modèle cognitiviste, très populaire, a fait l'objet de nombreuses critiques portant sur son manque de complexité, sur les méthodes qui lui sont associées mais aussi plus profondément sur les implications théoriques et éthiques de l'ontologie cartésienne dans laquelle il s'inscrit. Il reste néanmoins une référence à partir de laquelle la majorité des autres approches se sont construites, que ce soit en opposition ou en complémentarité.

Dans un récent article, Endsley (2015) répond aux critiques qui ont été faites depuis 1995 sur son modèle. Elle qualifie ces critiques d'idées fausses (*fallacies* dans le texte). Parmi ces « idées fausses », les principales sont : la linéarité du modèle, la représentation peu évidente des mécanismes de rétrocontrôle, l'opposition du produit et des processus, la parenté avec une approche cartésienne, et l'absence de prise en compte de l'aspect cyclique et dynamique de la CS. De façon générale, les explications données par Endsley (*op.cit.*) ne résolvent pas les contradictions entre la représentation schématique de son modèle et la description qu'elle en fait. On pourrait regretter que les critiques qui à nos yeux, sont les plus pertinentes, n'aient pas été traitées par Endsley dans son article. Elles concernent le manque de lien entre les processus de compréhension et de prise de décision, la vision de l'individu comme relativement passif dans la réalisation de ces processus, et surtout l'aspect normatif du modèle. Des arguments, de nature parfois très différente, sont mobilisés dans les débats. Ceci nous conduit à penser qu'une contextualisation des modèles dans la généalogie des principaux paradigmes des sciences cognitives est nécessaire (Hoffman, 2015a).

Dans cet esprit, Dekker (2013) a consacré un article à discuter de l'ontologie cartésienne qui englobe la recherche sur la CS. Cette façon de voir la CS comme représentation du monde dans l'esprit de l'individu, et la perte de la CS comme écart de cette représentation à la réalité (aspect normatif) a

des implications éthiques et juridiques. Le focus est placé sur la performance de l'opérateur à se représenter le monde de façon adéquate et non sur un couplage adéquat des caractéristiques de l'individu avec la situation. Dans le cas de l'expertise d'un accident, cette focalisation de la responsabilité sur l'individu peut avoir pour conséquence de négliger les éventuelles failles organisationnelles qui pourraient exister. Pour synthétiser, on pourrait dire que l'approche cognitiviste s'intéresse plus à la conscience qu'aux situations (Flach & Rasmussen, 2000).

Il semble y avoir une incompatibilité épistémologique à envisager la perception et l'action comme un cycle, tout en considérant qu'il est possible de saisir l'état instantané de la CS d'un opérateur afin de le comparer à la réalité. Face à cette incompatibilité, Flach, Dekker et Jan Stappers (2008) proposent une ontologie alternative dans laquelle la CS ne réside plus dans la capacité d'un individu à se représenter le plus fidèlement l'environnement qui l'entoure (avec cette réalité comme norme à viser), mais dans une interaction dynamique entre la situation et la représentation que s'en fait l'individu. Cette approche, qui s'inscrit dans la lignée de modèles écologiques de la cognition, a récemment pris de l'ampleur, notamment dans la recherche sur la Conscience de la Situation dans les environnements collaboratifs (Stanton et al., 2006b).

IV.5.2. Une catégorisation des visions paradigmatiques intéressante mais floue

La distinction proposée par Flach (2015), qui s'inspire des travaux issus de la sémiotique, propose deux visions paradigmatiques de la cognition qui permettent de mieux appréhender les différences entre les approches que nous avons décrites. Elle s'inscrit dans la lignée des débats épistémologiques entre structuralistes et fonctionnalistes, et plus globalement dans l'opposition ontologique entre la vision dualiste et moniste. Le Tableau 2 présente une synthèse des caractéristiques associées à chacune des deux visions sémiotiques.

La vision **dyadique**, qui s'inscrit dans une vision dualiste de la cognition, implique de s'intéresser à la cognition sous l'angle d'un ensemble de processus internes à un agent (individu, équipe, organisation). L'expérience et l'apprentissage sont définis par rapport aux différents types de mémoire. Les fonctions cognitives y sont représentées par des « boîtes » pour chaque étape du traitement de l'information. Le sens réside dans l'interprétation du monde par l'individu et constitue la composante exclusive de la conscience, en tant qu'état mental interne à l'agent.

La vision **tryadique**, qui s'inscrit dans une vision moniste de la cognition, s'intéresse à la cognition sous l'angle d'une fonction distribuée entre les agents et l'environnement. L'expérience et l'apprentissage sont analysés par le biais des relations dynamiques et distribuées entre les agents et l'environnement (invariants internes et externes). Par conséquent, l'organisation et la nature des

composants de l'environnement sont considérées comme parties intégrantes du système cognitif (Hutchins, 1995b). La signification est fonctionnelle et le sens est une propriété émergente de l'interaction entre la conscience et la situation. Cette vision se retrouve notamment dans la notion d'affordance introduite par Gibson (1979), avec une importance particulière donnée aux mécanismes perceptifs plutôt qu'aux représentations mentales.

Tableau 2. — Caractéristiques et implications des visions sémiotiques dyadique et triadique (adapté et traduit de Flach (2015)

Vision sémiotique	Dyadique	Triadique
Sens donné à la situation	Interprétation, état interne (produit)	Signification fonctionnelle, propriété émergente de l'interaction individu/environnement (processus)
Modèle organisationnel	Contrôle hiérarchique et centralisé	Contrôle adaptatif et distribué
Normativité	Basée sur la validité du raisonnement logique	Basé sur les conséquences pragmatiques des actions
Fondements épistémologiques	Structuralisme	Fonctionnalisme
Méthodes associées	Analyse des activités mentales de l'individu nécessaires à la réalisation de chaque tâche	Analyse de l'impact des contraintes de la situation sur l'activité

Selon cette catégorisation, le modèle d'Endsley (1995) et celui de Klein et ses collaborateurs (2006) s'inscriraient dans une vision dyadique de la cognition tandis que les autres modèles s'inscriraient plutôt dans une vision triadique. Cependant, la ligne de démarcation ne semble pas si facilement identifiable. En effet, bien que la représentation schématique des modèles linéaire et décisionnel s'inscrive dans le paradigme du traitement de l'information (vision plutôt dyadique de la cognition), la description de ces modèles inclut, dans une certaine mesure, la prise en compte de la dynamique des situations et la complexité des systèmes (vision plutôt triadique de la cognition). Ceci permet à Flach (2015) d'émettre l'hypothèse qu'Endsley (op. cit.) et Klein (op. cit.) sont conscients de la nécessité d'adopter une vision triadique de la CS. De la même façon, bien que le modèle de Hoc et Amalberti (1994) soit construit à partir de celui de Rassmussen (1986), qui s'inscrit dans une vision plutôt triadique, la notion de représentation mentale occurrente implique une vision dyadique de la cognition.

Les différences entre les approches résident donc principalement dans les méthodes et les interprétations construites sur la base de la représentation schématique des modèles, plutôt que dans les caractéristiques descriptives de ces modèles. Ceci permet aux chercheurs de donner, consciemment ou non, des interprétations qui correspondent à la vision sémiotique à laquelle ils souscrivent. La popularité du modèle d'Endsley pourrait alors s'expliquer par cette ambigüité, permettant à chacun de l'interpréter selon sa vision. La solution de Flach pour clarifier ces ambiguïtés consisterait à prendre conscience de la vision sémiotique de chacun et de l'implication que cela engendre sur le choix des mots, et par conséquence des interprétations.

Bien que ce travail réalisé par Flach (2015) représente un éclairage très intéressant sur les fondements épistémologiques des approches, nous pensons qu'il n'est théoriquement pas incompatible d'articuler les deux visions sémiotiques apparemment opposées dans un modèle théorique de conscience de la situation. Cette articulation est possible dans la mesure où l'on considère la conscience de la situation comme une représentation mentale finalisée, construite à partir de processus cognitifs parallèles, et permettant un contrôle adaptatif aux contraintes et à la dynamique de la situation. Cette définition correspond en tous points à celle du modèle GSD, qui articule la notion de représentation occurrente de la situation, qui est fonctionnelle, avec des processus permettant la mise à jour adaptative de cette représentation en fonction de la dynamique de la situation. C'est pourquoi nous avons choisi d'adopter ce modèle dans les études présentées dans ce mémoire.

Chapitre V. L'élaboration de la conscience de la situation dans un système sociotechnique complexe

Nous avons vu dans la section précédente que la recherche sur la CS s'est construite conjointement à l'évolution des paradigmes de la cognition et des situations d'étude. La complexité de ces situations n'a cessé d'augmenter et les systèmes sociotechniques actuels peuvent être composés de plusieurs équipes en interaction les unes avec les autres. A cela s'ajoute le développement d'outils dont l'automatisation grandit rapidement. Nous présenterons dans cette section les différents modèles théoriques collectifs de la CS dont nous ferons une synthèse.

V.1. Modèles théoriques collectifs de la CS

Les modèles de la CS se sont développés afin de prendre en compte la dimension collective de l'activité et la complexification des systèmes. Dans une revue de littérature, Salmon et ses collaborateurs (2008) effectuent la description et la comparaison des modèles collectifs existants. On distingue deux approches principales qui diffèrent selon l'unité d'analyse à laquelle elles s'intéressent : l'équipe pour la première approche et le système sociotechnique pour la seconde.

V.1.1. Approches de la CS centrées sur l'équipe

La notion de CS d'équipe, tout comme celle de la CS individuelle, présente une multiplicité des de définitions. Les modèles s'inscrivent néanmoins tous dans le courant de la cognition d'équipe (*team cognition*). Il existe deux perspectives complémentaires pour étudier la CS d'équipe. La première s'intéresse aux connaissances partagées entre les membres d'une équipe. La deuxième s'intéresse aux interactions qui permettent la distribution des informations et l'émergence d'une cognition d'équipe. Jusqu'au développement important des approches distribuées de la cognition, la majorité des travaux sur la cognition d'équipe adoptaient la première perspective (Salmon, Stanton, Walker, Jenkins, et al., 2008).

En se basant sur son modèle de prise de décision distribuée (Wellens & Ergener, 1988), Wellens (1993) propose une vision de la CS de groupe compatible avec le modèle de CS individuelle d'Endsley (1988). Il met l'accent sur le partage entre les membres de l'équipe d'une « perspective commune » concernant les éléments de l'environnement occurrent, leur signification et leur évolution (Wellens, 1989; cité dans Wellens, 1993, p.272).

Salas et ses collaborateurs (1995) suggèrent que la CS d'équipe ne peut pas être réduite uniquement à la somme des CS des membres d'une équipe. Il définit une équipe comme un ensemble de deux personnes ou plus, possédant des rôles spécifiques, interagissant de façon interdépendante, dynamique et adaptative pour accomplir un but commun (Salas et al, *op. cit.*). La CS d'équipe est

complexe du fait qu'elle implique plusieurs dimensions, depuis la CS individuelle, en passant par les connaissances partagées par les membres d'une équipe, pour former un agrégat de caractéristiques qui entrent en jeu dans la CS de l'équipe dans sa globalité. Salas identifie plusieurs notions impliquées dans l'élaboration collective de la CS d'équipe telles que la communication, la coordination, la collaboration, et l'allocation des tâches. Les processus permettant aux membres d'une équipe de se coordonner pour élaborer une compréhension partagée de la situation, de la tâche, et des ressources de chacun, seront finalement regroupés dans la notion de *team cognition* (Cooke, Salas, Kiekel, & Bell, 2004). Salas décrit un mécanisme cyclique par lequel le partage d'interprétations de la situation entre les membres d'une équipe modifie la CS des autres et permet par la communication une contribution collective à la CS d'équipe.

La CS d'équipe est définie comme « la compréhension de la situation partagée par les membres d'une équipe à un moment donné » (Salas & al., 1995, p.131, notre traduction). Son approche conçoit la CS d'équipe comme le résultat de l'interaction entre un individu qui possède des connaissances et des attentes sur la situation, les informations disponibles dans l'environnement et les capacités cognitives de l'individu qui permettent le traitement de ces informations. Cette approche mobilise le concept de modèle mental partagé (shared mental model), (Cannon-Bowers, Salas, & Converse, 1993) comme construction centrale dans les mécanismes cognitifs permettant aux individus de comprendre et d'interpréter la situation de la même façon. En plus de connaissances relative aux tâches et aux buts collectifs, ils contiennent aussi des connaissances sur les rôles de chacun dans la réalisation de ces tâches. Le partage de ces modèles mentaux facilite la communication entre les individus, le travail d'équipe et leur permet de mieux s'adapter aux situations (Salas, Rosen, Burke, Nicholson, & Howse, 2007). Trois types de modèles mentaux ont été proposés par (Converse & Kahler, 1992) : déclaratifs, procéduraux et stratégiques. Les connaissances relatives aux buts et aux rôles de chacun sont déclaratives, tandis que les connaissances relatives à la temporalité permettant la coordination des actions sont procédurales. Les connaissances stratégiques sont composées de connaissances déclaratives et procédurales et sont mobilisées dans des situations imprévues.

Bien que parfois présentés conjointement, Endsley (1995) distingue la CS d'équipe et la CS partagée. Endsley (1995) part du principe que, bien que chaque membre d'une équipe puisse avoir des besoins spécifiques en termes d'informations nécessaires à la réalisation de sa tâche, certains de ces besoins en information sont partagés par plusieurs co-équipiers. Ainsi, elle considère la *CS partagée* comme la contingence entre les besoins d'information en commun entre les membres d'une équipe et la connaissance effectivement partagée de ces éléments. En d'autres mots, cela

correspond au degré de mutualisation des éléments qui doivent être partagés par les membres de l'équipe. Cette définition diffère de celle qu'Endsley donne à la *CS d'équipe* qui est plutôt relative aux informations dont chaque membre de l'équipe a besoin pour réaliser sa tâche.

Endsley et Jones (Endsley & Jones, 2001) identifient quatre dimensions impliquées dans l'élaboration de la *CS d'équipe*, nous les décrivons ci-dessous (cf. Figure 14).

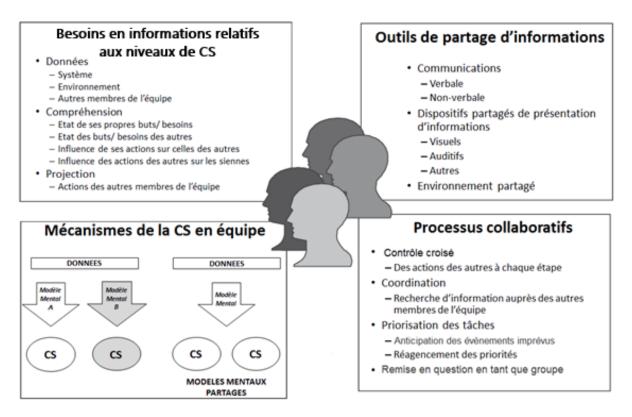


Figure 14. — Modèle de CS d'équipe (*Team SA*) par Endsley & Jones 2001 (notre traduction)

Les besoins en information pour chaque niveau de CS. — Pour chaque étape de CS, les besoins d'information des membres de l'équipe sont listés. Pour le premier niveau, ils sont relatifs aux données de la situation ou aux informations rendues disponibles par les autres membres de l'équipe. Pour le deuxième niveau, ils concernent la compréhension des informations nécessaires pour l'accomplissement des tâches de chacun, et de l'impact des actions de chacun des membres de l'équipe sur les autres. Pour le troisième niveau, les informations portent sur l'anticipation par chacun des actions des autres, ce qui est primordial pour la coordination.

Les outils et modalités de partage d'informations. — Les ressources pour l'élaboration de la CS sont partagées par le biais de la communication verbale et non verbale. Elles peuvent aussi être

fournies par l'environnement et plus particulièrement par des dispositifs partagés par les membres de l'équipe.

Les mécanismes cognitifs impliqués dans les connaissances partagées. — Le concept de modèles mentaux partagés est mobilisé pour décrire l'existence de connaissances sur les situations et l'activité collaborative. Ces connaissances permettent aux individus de limiter le besoin de partage d'information et d'identifier les besoins en information pour l'élaboration de la CS en équipe.

Les processus collaboratifs. — Quatre types de processus collaboratifs impliqués dans l'élaboration de la CS de l'équipe sont listés. On distingue le contrôle croisé des informations et des actions potentiellement conflictuelles, la coordination permise par le partage d'informations situationnelles, la priorisation évolutive des tâches en fonction de l'évolution de la situation et la mise en commun des interrogations de chacun.

A partir de leur définition de la CS d'équipe, Endsley et Jones (2001) proposent de mesurer la CS d'un individu en fonction du degré de correspondance entre ce que ce dernier sait et les éléments de la situation, mais aussi en fonction du degré de correspondance entre sa représentation et celle des autres membres de l'équipe.

Shu et Furuta (2005) proposent une extension du modèle d'Endsley (1995) en s'appuyant sur la théorie l'activité coopérative partagée de (Bratman, 1992). Pour eux, la CS d'équipe comprend à la fois la CS individuelle de chacun des membres de l'équipe, mais aussi ce qu'ils nomment *mutual awareness* (traduit en « contexte partagé » par Salembier et Zouinar (2004)). Cette notion met en avant la représentation que chacun des membres de l'équipe se fait de l'activité, des attentes et des buts des autres. Ce dernier point leur fait dire que la CS d'équipe peut être conçue comme une compréhension de la situation en partie partagée et en partie distribuée.

Plus récemment, une approche distribuée de la cognition d'équipe a été proposée par Cooke, Gorman, Myers et Duran (2013). Selon cette approche, la cognition réside dans les interactions entre membres d'une équipe, généralement les communications verbales. L'équipe est vue comme un système cognitif dynamique dans lequel la cognition émerge des interactions. La théorie suppose trois postulats : la cognition d'équipe est une activité et pas un produit, on doit la mesurer et l'étudier sous l'angle de l'équipe et pas de l'individu, elle est intimement liée au contexte. Cependant, peu d'études s'intéressent au système cognitif de l'équipe sans englober les outils qui permettent aux opérateurs d'interagir entre eux et avec l'environnement (§ V.1.2).

Pour conclure, le concept de « Team Situation Awareness » n'est pas encore bien défini, ni compris. Cependant, la majorité des approches s'accordent sur le fait que la prise en compte des caractéristiques des environnements et des tâches est nécessaire afin d'étudier la CS dans les collectifs (Flach, 1995; Pew, 2000). Du fait de l'importante diversité des caractéristiques des situations, la CS devrait être considérée comme un concept polymorphe dont l'appréhension évolue en fonction de ces caractéristiques (Patrick, James, & Ahmed, 2007).

V.1.2. Approches de la CS centrées sur le système sociotechnique

V.1.2.1. La CS distribuée

Le concept de CS distribuée est plus récent dans la littérature et, tout comme le modèle individuel de Smith et Hancock (1994), prend racine dans le champ d'étude de la cognition distribuée développée par Hutchins (1995a) (§ IV.3.4). Pour rappel, cette approche considère la cognition comme distribuée entre les opérateurs et les outils qu'ils utilisent pour mener à bien leur activité. Dans ces systèmes, la cognition est basée sur la coordination entre les unités du système (Artman & Garbis, 1998) et est vue comme une propriété émergente du système, plutôt que comme une caractéristique individuelle. Dans l'approche de la CS distribuée, la CS n'est donc pas vue comme une compréhension partagée par les individus d'une situation mais comme une caractéristique du système (Artman & Garbis, 1998). Ceci prend à contre-pied l'approche dominante d'Endsley qui envisage la CS uniquement du point de vue de la construction cognitive de la situation construite par les individus. Dans l'approche distribuée de la CS, les systèmes collaboratifs ont des propriétés cognitives, dont la CS fait partie, et qui n'impliquent pas seulement les agents humains. La CS résulte d'un cycle d'activités d'agents humains et non humains en interaction.

Pour Artman et Garbis (1998), une approche collective de l'étude de la CS s'impose dans certains domaines professionnels, tels que le commandement militaire où le travail en équipe est une composante importante de l'activité. Leur approche, issue du courant de la cognition distribuée, s'intéresse aux interactions entre les membres d'équipes et les artefacts plutôt qu'aux processus mentaux et prend le système comme unité d'analyse.

A partir de la théorie d'Artman et Garbis (1998) et en s'appuyant sur une approche de la connaissance vue comme un ensemble de relations entre des concepts (Hoffman, Shadbolt, Burton, & Klein, 1995), (Stanton et al., 2006a) posent les bases de leur approche de la CS distribuée (*Distributed Situation Awareness*). Ils établissent que les connaissances relatives à la CS sont distribuées entre les agents (humains et non-humains) et les objets qui composent le système. Ceci constitue ce qu'Hollnagel et Wood (2005) nomme un « *système cognitif joint* ». Ainsi, une importance particulière est donnée aux relations entre les éléments du système et à la façon dont les connaissances relatives à la tâche qui sont détenues par les opérateurs, sont activées en relation avec

la dynamique de la situation. On retrouve ici la notion de connaissance activée dans une situation spécifique, qui fait écho aux modèles mentaux. Dans cette approche, les opérateurs ont donc des CS différentes pour la même situation, mais leurs CS peuvent être compatibles et complémentaires, et le déficit en CS d'un agent peut être compensé par un autre. La CS est alors considérée, non pas comme une caractéristique cognitive interne à un individu, mais comme une construction collective qui émerge au travers des interactions entre les individus et l'environnement (Salmon, 2008). Selon les auteurs, la CS distribuée peut alors être représentée comme la somme des concepts (informations) activés à un instant donné et pour une tâche spécifique (Stanton et al, 2006). Cette approche met l'accent sur l'importance de l'activation de connaissances adaptées à la gestion d'une situation, détenues par les individus et pouvant être stockées par les dispositifs avec lesquels ces derniers interagissent.

Cette vision systémique ne semble pas incompatible avec les approches individuelles de la CS. Il est possible d'envisager la CS distribuée comme ce qui permet aux CS de chacun des individus d'un collectif d'être compatibles entre elles, mais aussi avec les éléments du système dans lequel sont compris ces individus. Cette notion de compatibilité semble être un des principaux éléments de différence avec les approches qui considèrent la CS d'équipe à partir des connaissances qui sont partagées. Stanton et al. (2006) considèrent que la CS ne dépend pas du fait que tous les membres de l'équipe détiennent les mêmes informations, mais plutôt du fait que ces informations soient adaptées à leurs propres tâches et compatibles avec celles des autres. On comprend qu'une même information n'a pas la même utilité selon la tâche de l'opérateur, son rôle et son expérience, et que son traitement n'impliquera donc pas une CS individuelle identique pour tous.

V.1.2.2. La CS collective en situation de coopération Humain/Machine

L'architecture cognitive de la gestion d'environnements dynamiques proposée par Hoc et Amalberti (1994) a été étendue de façon à mieux prendre en compte la complexité des interactions entre les opérateurs et les automatismes présents dans des domaines tels que l'aéronautique. Hoc (2000) propose un cadre théorique visant à identifier les différentes activités coopératives dans des situations d'interaction entre un ou plusieurs opérateurs et des interfaces, principalement dans le domaine du contrôle de trafic aérien. Il part du principe que dans les situations de coopération, l'activité implique des interférences que les agents doivent gérer (Hoc, 1989). Il distingue différents niveaux de contrôle pour la gestion des interférences : la coopération dans l'action, la coopération dans la planification et la métacoopération. La coopération dans l'action s'inscrit dans une temporalité courte et se base sur des comportements réactifs et adaptatifs. La coopération dans la planification regroupe les comportements qui visent à maintenir le référentiel commun (Terssac &

Chabaud, 1990). Le référentiel commun correspond à des représentations partagées qui peuvent être vues comme l'intersection entre les représentions occurrentes individuelles (Hoc, 2000). En cela, il se rapproche de la notion de CS d'équipe définie par Salas (1995), dans la mesure où l'on considère la notion de situation de façon plus large que seulement l'état et l'évolution de l'environnement extérieur, mais plus largement comme l'état et l'évolution du système homme-machine. Ce système comprend à la fois les représentations partagées par les opérateurs de l'environnement, mais également de leurs buts et de leurs ressources. La métacoopération comprend les activités coopératives permettant l'élaboration de représentations compatibles à partir du modèle de tâche construit par les agents.

En s'inscrivant dans cette approche, Millot and Pacaux-Lemoine (2013a) effectuent un rapprochement entre les cadres théoriques de la coopération humain-machine et celui de la conscience de la situation. Ils identifient différentes structures de la coopération en prenant en compte le type de relation hiérarchique qui s'établit entre les agents. Les auteurs donnent l'exemple d'une structure verticale de coopération entre un opérateur et une interface, et d'une structure horizontale de coopération avec un allocateur de tâches qui occupe un poste stratégique et supervise l'activité d'un opérateur en interaction avec une interface. Les attributs coopératifs d'un agent sont identifiés dans un tableau qui distingue les capacités à réaliser la tâche d'une part, et d'autre part les capacités à coopérer pour réaliser la tâche. Chacune des catégories est divisée en deux selon que les capacités sont internes (par exemple les connaissances et les inférences que les agents font de l'activité des autres) ou externes (obtenir des informations, communiquer, etc.). Ce cadre reprend aussi les niveaux d'abstraction de l'activité : opérationnel, tactique et de planification (Lemoine & Millot, 1996). La coopération peut s'établir au sein d'un même niveau mais aussi entre agents de différents niveaux (Hoc & Lemoine, 1998). L'objectif de cette approche est de concevoir des espaces de travail communs (Common Work Space) qui facilitent le développement et le maintien du référentiel commun.

(Millot, 2015) décrit plus en détail les relations étroites entre les notions de *conscience de la situation d'équipe* et de *coopération*. Il propose un modèle qui articule le *référentiel commun*, comparable à la notion de *CS d'équipe*, à un espace de travail commun qui offrirait un support à la coopération entre les opérateurs. Les approches visant à étudier la CS de plusieurs agents (humains et artificiels) sont rassemblées sous le terme de CS collective. Nous adopterons ce terme pour qualifier l'ensemble de ces approches dans la suite de ce document. Millot (*op. cit.*) identifie les liens entre plusieurs caractéristiques organisationnelles de ce type d'environnements et la CS collective. L'une de ces caractéristiques est la distribution des tâches entre les agents du système,

qui varie en fonction des dimensions spatiale, temporelle et hiérarchique, de la décomposition des tâches, ainsi que des caractéristiques cognitives relatives à l'allocation des tâches. La capacité d'une organisation à permettre une distribution plus ou moins flexible de la CS dépend de l'allocation des tâches entre les agents. Le rôle des agents dans la réalisation des tâches constitue donc une caractéristique importante dans la distribution de la CS.

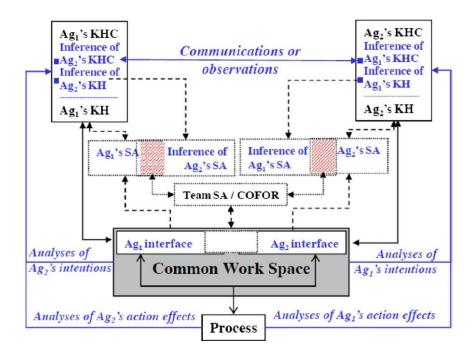


Figure 15. — Modèle de CS d'une équipe dont l'activité implique l'utilisation d'un Common Work Space

Afin de concevoir un concevoir un environnement de travail collaboratif, Millot et Pacaux-Lemoine (2013b) proposent un modèle de coopération mobilisant les concepts de CS individuelle et de CS d'équipe (cf. Figure 15). Ils y distinguent deux dimensions impliquées dans l'activité collaborative des opérateurs : le « *Know How* » et le « *Know-How-to-Cooperate* ». « *Know How* » représente les différentes caractéristiques qui conditionnent la capacité d'un opérateur à réaliser la tâche. Cela comprend ses compétences, sa capacité à résoudre des problèmes mais aussi à recueillir les informations pertinentes et à agir sur le système. Le « *Know-How-to-Cooperate* » représente les caractéristiques qui conditionnent la capacité d'un opérateur à collaborer pour réaliser la tâche. La notion d'interférence, développée par Piaget (1977) et reprise par Millot et Hoc (1997), est identifiée comme centrale dans la coopération. La gestion par les agents des interférences qui se créent entre leurs activités respectives détermine leur capacité à maintenir un *référentiel commun*. Le partage par les opérateurs de leurs CS respectives contribue à faciliter la coopération et le maintien du *référentiel commun*. Le modèle proposé par Millot et Pacaux-Lemoine (2013a) articule ces

différentes notions autour d'un espace de travail commun (*Common Work Space*) dont la conception vise à faciliter le maintien du *référentiel commun*.

Cette approche regroupe plusieurs apports qui nous semblent intéressants dans l'analyse de la CS collective. Premièrement la prise en compte des caractéristiques organisationnelles, et plus précisément du rôle des opérateurs, nous semble cruciale dans l'étude de la CS collective. L'utilisation d'un modèle de CS d'équipe adapté aux caractéristiques de la situation permet une analyse en lien plus étroit avec l'activité. Deuxièmement, l'articulation théorique des notions issues de la recherche sur la coopération avec celles issues de la recherche sur la CS montre qu'il existe des points communs importants entre ces deux domaines. Enfin, nous retenons l'intérêt d'analyser la mise en commun par les opérateurs de leurs CS respectives par la communication ou le partage d'un environnement de travail pour comprendre les processus d'élaboration de la CS collective.

V.2. Synthèse des modèles collectifs de la conscience de la situation

Tout comme pour les approches individuelles, il n'existe pas de modèle unique et universel de la CS dans les environnements collaboratifs. Salmon (2008) en faisait le constat et il existe encore à ce jour une grande diversité d'approches. Cela peut s'expliquer par le fait que la CS collective n'a pas encore bénéficié d'un apport théorique aussi important que la CS individuelle.

Bien que les modèles individuels cognitifs aient connu une popularité certaine à l'époque où le paradigme de la psychologie cognitive expérimentale était dominant, une alternative à la psychologie cognitive traditionnelle semble bien s'incarner aujourd'hui dans les approches systémiques. Ce changement de paradigme est décrit par van Winsen & Dekker (2015) comme une deuxième révolution cognitive qui fait suite à celle que nous avons discutée dans le Chapitre IV.

Pour synthétiser, on distingue trois conceptions principales de la CS en environnement collaboratif :

- La *CS d'équipe* s'intéresse aux informations dont chaque membre de l'équipe a besoin pour réaliser sa tâche et peut être vue comme la somme des CS individuelles. Cette conception a ensuite été enrichie de la notion de CS partagée, qui comprend les informations communes détenues par plusieurs membres de l'équipe.
- La CS distribuée s'intéresse à la compatibilité des informations détenues par chacun des membres de l'équipe. Ces informations doivent être adaptées à leurs rôles et buts dans l'équipe. Certaines informations qui portent à la fois sur la propre activité d'un opérateur et sur celle des autres peuvent être partagées par plusieurs individus.
- La *CS collective* développée dans le domaine d'étude de la coopération s'intéresse aux activités coopératives permettant le maintien d'un référentiel commun (ou CS d'équipe) en

lien étroit avec l'analyse de l'activité (dynamique des situations, allocation des tâches, structure de l'organisation, rôles).

Quelle que soit l'approche adoptée, les processus interactionnels (communication, coordination, collaboration) sont à la base du partage des informations et connaissances à partir desquelles chaque membre de l'équipe construit sa CS individuelle. Il est important de noter qu'une confusion peut apparaître du fait de la double définition du mot « partagé » ou « shared » appliqué à la CS en environnement collaboratif. La notion de partage de la CS peut à la fois référer aux informations identiques détenues par plusieurs individus, mais aussi aux informations transmises par le biais de la communication entre les différents éléments du système. Ce double sens reflète bien l'existence, dans les approches collectives et systémiques, de deux approches distinctes (bien que compatibles dans l'étude de la CS : l'une s'intéressant aux informations détenues par les opérateurs ou disponibles dans l'environnement, et l'autre aux transferts de ces informations.

Nous avons vu dans le chapitre sur les modèles individuels que la CS d'un individu est fortement liée à ses propres rôles et buts (Chapitre IV). On peut alors distinguer ce qui, dans la CS de chaque individu, porte sur sa propre activité, ce qui porte sur l'activité des autres membres de l'équipe (rôles, tâches, responsabilités) et ce qui a trait au système technique (interfaces, supports de l'activité).

Cette distinction entre les différentes approches, selon l'unité d'analyse à laquelle elles s'intéressent (individu, équipe, système), a donné lieu à des choix méthodologiques forts en termes de techniques d'étude de la CS. En effet, les approches diffèrent autant par les outils méthodologiques qu'elles proposent que par leurs fondements théoriques. Salmon (2008) propose une modélisation qui articule les notions de CS individuelle, les processus collaboratifs et la CS d'équipe (cf. Figure 16). Ce modèle n'a pas l'ambition de fournir une base théorique afin de comprendre précisément comment s'élabore la CS mais a le mérite de proposer une vision globale des différentes approches ayant pour objet d'étude la CS.

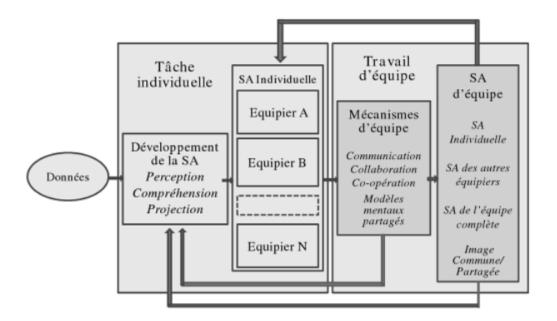


Figure 16. — Modèle synthétique des mécanismes d'élaboration individuels et collectifs de la CS (traduit de Salmon (2008) par Millot (2013)

Dans sa critique de la CS d'équipe, Salmon (2006) reproche que des approches sont trop simplistes et non généralisables aux environnements collaboratifs réels, dans lesquels la complexité des situations a un impact fort sur les processus interactionnels. Nous partageons ce constat, tout en considérant que les méthodes actuellement utilisées pour étudier la CS distribuée ne permettent pas non plus de prendre en compte la complexité des situations. En effet, on peut reprocher à ces méthodes de ne pas considérer l'hétérogénéité des agents qui composent le système et de perdre de vue les caractéristiques individuelles impliquées dans les activités collectives, comme par exemple, les rôles de chacun.

Pour conclure, nous retenons de cette revue de littérature un besoin de comprendre les processus mobilisés par les opérateurs d'un système sociotechnique complexe afin d'assurer une distribution des informations permettant l'élaboration et le maintien de la CS. Comme Garbis et Artman (2006), nous pensons que ces processus sont soutenus principalement par la communication. Nous faisons également le constat que les modèles de la CS sont intimement liés aux cadres méthodologiques qui leur sont associés. Ce sont ces méthodes qui permettent, ou non, la prise en compte de la complexité des situations dans les résultats obtenus.

Chapitre VI. Méthodes permettant l'analyse de la CS

Le développement de théories autour du concept de conscience de la situation est indissociable de celui des nombreuses méthodes qui ont été proposées afin d'investiguer ce concept. Les méthodes permettent à la fois de nourrir la réflexion théorique, mais visent aussi à fournir des outils à destination des concepteurs de façon à évaluer l'impact des systèmes (composés d'interfaces, de procédures et de formations) sur l'élaboration de la CS par l'opérateur supervisant et contrôlant ces systèmes.

VI.1. Catégorisation des méthodes

La majorité des techniques ont d'abord été développées en fonction des modèles sous-jacents dans le but d'étudier la CS individuelle (Salas, 1995). Ces méthodes ont ensuite été adaptées pour rendre compte de la CS d'équipe, en agrégeant les résultats portant sur les CS individuelles des membres d'un collectif.

Il est possible de classer les méthodes selon :

- Le modèle théorique de l'activité auquel elles se rattachent ;
- Le fait qu'elles s'intéressent à la CS en tant que produit ou en tant que processus.

On distingue deux grandes classes de modèle théorique d'analyse de l'activité utilisés pour étudier la CS dans des collectifs : les *modèles cognitifs* et les *modèles sociocognitifs*. Les méthodes associées à des modèles cognitifs s'intéressent à la CS en tant que produit ou sous l'angle des processus d'élaboration de la CS. Les méthodes associées à des modèles sociocognitifs ne considèrent la CS que sous l'angle des processus. Un des moyens d'accéder à ces processus et qui permet une approche collective est d'analyser les comportements issus de l'activité. Les comportements, qui constituent des moyens d'interaction avec l'environnement, peuvent être des verbalisations, des gestes et postures, ou encore les directions du regard. Les caractéristiques des comportements qui sont analysées varient en fonction des approches théoriques, des objectifs de recherche, et des situations étudiées.

Nous ferons dans ce chapitre une revue des méthodes associées aux modèles théoriques collectifs de la CS, ce qui nous permettra de préciser les domaines de recherche dans lesquels elles ont été utilisées et de les discuter.

VI.2. Méthodes s'inscrivant dans des modèles cognitifs de l'analyse de l'activité

VI.2.1. Mesurer la CS en tant que produit

VI.2.1.1. Les mesures explicites ou directes

Les mesures explicites ou directes permettent d'établir un lien direct entre l'état réel de la situation et l'état de la situation tel que le perçoit l'opérateur. Ces mesures peuvent être réalisées après l'activité, pendant l'activité ou lors d'un « gel » de l'activité (*Freeze probe technique*). La technique la plus employée de ce dernier type de mesure *freeze* est SAGAT (*Situation Awareness Global Assessment Technique*) (Endsley, 1995a), basée sur le modèle d'Endsley (1995b). Elle a été utilisée dans de nombreux domaines tels que l'aviation militaire (Endsley, 1995a), les opérations militaires (Matthews & Beal, 2002) et l'industrie de production (Hogg, Folles, Strand-Volden, & Torralba, 1995).

Cette technique consiste à geler une tâche réalisée sur écran ou en simulateur et de poser des questions aux opérateurs sur leur conscience de la situation par rapport aux trois niveaux du modèle. Par exemple, sur un simulateur de cockpit, on questionne les pilotes sur le niveau de carburant restant au moment où la simulation s'est arrêtée, sur ce qu'ils comprennent de la situation et comment ils pensent que la situation va évoluer. Cette technique permet d'obtenir un score pour chacun des trois niveaux.

L'avantage de cette mesure est qu'elle permet d'obtenir des données directes et objectives, et ce, pendant l'activité de l'opérateur. De plus, cette technique a été validée dans différents domaines par plusieurs indicateurs psychométriques (Jones & Kaber, 2004). Cependant, elle présente l'inconvénient majeur d'intervenir pendant l'activité et donc assurément d'influencer le cours de l'activité. Par ailleurs, même si cette méthode permet d'évaluer l'état de la conscience de la situation sur les trois niveaux, elle n'apporte aucun élément sur les processus d'élaboration cognitive de cet état.

Les mesures explicites récupérées a posteriori présentent également l'inconvénient d'être possiblement biaisées par l'issue de la performance. L'évaluation de l'état de la situation par l'opérateur, demandée a posteriori, différent vraisemblablement de celle qu'il aurait faite pendant l'activité.

VI.2.1.2. Les mesures implicites ou indirectes

Les mesures implicites ou indirectes ne se rapportent pas directement à la conscience de la situation mais permettent d'en inférer la mobilisation. Ainsi, l'évaluation de la performance est une mesure

parfois utilisée pour qualifier la qualité de la conscience de la situation (Midkiff & Hansman, 1993; Pritchett, Hansman, & Johnson, 1995; Vidulich, 1995).

Facile à recueillir et non intrusive, cette méthode soulève cependant la question du lien entre performance et conscience de la situation puisqu'elle postule que lorsque la performance des opérateurs est satisfaite alors leur conscience de la situation était également bonne, et inversement. Ce postulat étant critiquable, il ne nous semble pas que cette méthode soit fiable.

VI.2.1.3. Les mesures subjectives

Les mesures subjectives concernant les mesures par auto- ou hétéro-évaluation. La technique la plus souvent employée est le questionnaire *SART* (*Situation Awareness Rating Technique*) (Taylor, 1990), utilisée notamment dans le domaine du contrôle du trafic aérien (Endsley & Kiris, 1995). Ce questionnaire, administré après l'activité, propose 10 dimensions que l'opérateur doit coter sur une échelle de Likert allant de 1 à 7. Ces 10 dimensions sont regroupées en 3 facteurs principaux de conscience de la situation : exigences de ressources attentionnelles, investissement en ressources attentionnelles et compréhension de la situation.

Une étude menée dans le domaine de l'aéronautique et basée sur l'hétéro-évaluation (Jones & Endsley, 1996) visait à définir une taxonomie des erreurs commises par les opérateurs et impliquées dans les incidents aériens. Les résultats ont montré que la majorité des erreurs commises lors de ces incidents étaient relatives au niveau 1, c'est-à-dire à la prise d'informations (77,4%) alors que les erreurs de niveau 2 et 3 étaient beaucoup moins fréquentes (respectivement 21,1% et 1,5%). Ceci montre, d'après les auteurs, l'importance de la prise d'information dans la construction CS.

L'avantage de ces méthodes est qu'elles sont non intrusives. Administrées a posteriori, elles permettraient d'évaluer la conscience de la situation pour chaque membre de l'équipe. Toutefois, outre le biais de la mémoire, il existe un biais lié à l'évaluation a posteriori relatif à la capacité d'une personne d'estimer sa propre CS. Dans quelle mesure l'opérateur est-il capable d'identifier par exemple les informations pertinentes qu'il n'avait pas ?

Globalement, ces trois types de méthodes, attrayantes car elles permettent d'obtenir des scores sur la qualité de la CS produite, présentent toutes des biais non négligeables. De plus, elles ne permettent pas d'analyser les processus cognitifs en jeu dans l'élaboration de la CS. Enfin, elles ont toutes été développées pour des mesures individuelles et ne permettent pas d'étudier la dimension collective de la CS.

VI.2.2. Méthodes d'analyse des processus d'élaboration de la CS : les activités cognitives objectivées par les comportements

VI.2.2.1. Analyse des besoins en informations impliqués dans l'élaboration de la CS

Dans le cadre de l'amélioration des formations et de la conception des environnements de travail, Endsley et Roberston (2000) ont réalisé une étude sur les éléments impliqués dans l'élaboration de la CS des opérateurs en maintenance aéronautique. La méthode consiste à identifier à chaque étape du modèle à trois niveaux d'Endsley, les besoins spécifiques en information ainsi que les ressources qui fournissent ces informations. Afin d'identifier les besoins en information, une analyse de la tâche orientée par les buts (*goal-directed task analysis*) est effectuée. Cette analyse vise à identifier les buts et sous-buts des opérateurs, les décisions associées à ces buts et sous-buts, ainsi que les informations nécessaires pour prendre ces décisions (Endsley, 1993). L'analyse est réalisée à partir d'entretiens avec les experts métier, d'observations de l'activité et d'une analyse documentaire. Pour l'analyse des ressources, des questionnaires contextuels sont utilisés afin d'identifier quels membres de l'équipe ou quels supports de l'activité fournissent les informations nécessaires à l'opérateur pour atteindre ses buts (O'Niel & Robertson, 1996). Une évaluation du degré de dépendance des opérateurs aux supports de leur activité est réalisée.

Les résultats de l'étude d'Endsley et Robertson (2000) suggèrent que la réussite d'une équipe dépend à la fois du fait que chaque membre de l'équipe ait une CS adaptée à sa tâche, mais aussi une CS des éléments partagés avec les autres. Les auteurs en concluent pour ce type d'équipe, le besoin nécessaire de partager avec les autres une compréhension commune des éléments de la situation et leur signification par rapport au but commun partagé par tous.

Cette méthode nous parait difficilement utilisable pour analyser la CS dans des situations de résolution de problème en environnements complexes, dans lesquelles il n'est pas possible d'identifier une procédure unique qui serait de nature à permettre de prendre la bonne décision à partir de la connaissance des informations requises.

VI.2.2.2. Les communications verbales comme indice des activités cognitives mobilisées dans le partage d'informations

Le rôle des communications verbales dans la construction de la CS des opérateurs au sein de systèmes sociotechniques complexes a été mis en évidence dans de nombreuses études (Garbis & Artman, 2004; Hazlehurst et al., 2007; Parush et al., 2011; Salas et al., 1995). Les échanges verbaux facilitent la compréhension des intentions et des actions de chacun (Orasanu, 1994) et sont essentiels à la coordination des membres d'une équipe poursuivant un but commun (Paris, Salas, & Cannon-

Bowers, 2000; Salas et al., 1995; Sonnenwald & Pierce, 2000). L'engagement des membres de l'équipe dans les processus de partage d'informations, à travers l'expression de requêtes, le contrôle croisé, la priorisation des tâches, la coordination des actions et l'anticipation, a une influence directe sur la performance de l'équipe (Bowers & Jarvis, 1992). (Hazlehurst et al., 2007) a montré que les requêtes et les confirmations sont des ressources importantes qui participent à la compréhension mutuelle de la situation au sein d'une équipe. Pour Salmon (2008), les membres d'une équipe doivent partager des informations à de hauts niveaux de CS, telles que la signification des informations et de l'anticipation de leur évolution pour les buts de l'équipe. Il n'est cependant pas nécessaire que tous les membres de l'équipe aient exactement les mêmes informations sur la situation. Du fait de l'interdépendance des tâches individuelles des membres de l'équipe dans un système sociotechnique complexe, il faut que chacun transmette les informations dont ont besoin les autres pour leur tâches respectives (Gorman, Cooke, & Winner, 2006; Stout, Cannon-Bowers, Salas, & Milanovich, 1999). Ces connaissances relatives aux tâches individuelles représentent des modèles mentaux partagés qui permettent aux membres de l'équipe d'anticiper les comportements et les besoins respectifs des autres dans des situations dynamiques où la communication est limitée (Cannon-Bowers et al., 1993).

Certaines structures d'échanges verbaux peuvent être à l'origine de perte d'information au sein de l'équipe et en conséquence, avoir un impact négatif sur l'élaboration de la CS (Chauvin & Clostermann, 2015; Parush et al., 2011). C'est notamment le cas des boucles de communication ouvertes (« open loop »), c'est-à-dire un échange verbal initié par un opérateur mais qui n'est pas suivi d'une réponse. C'est également le cas des boucles de communications fermées (« closed loop ») pour lesquelles la réponse arrive tardivement (Parush et al., 2011).

Pour synthétiser, l'analyse de la communication verbale pour rendre compte de l'élaboration de la CS peut être abordée selon deux points de vue, que nous présentons ci-dessous :

La communication verbale étudiée comme une activité en soi. — Cette approche s'intéresse plus aux mécanismes cognitifs qui permettent à deux interlocuteurs de se comprendre ou de partager des informations qu'au lien de ces échanges avec l'activité. Elle est notamment utilisée pour étudier le concept de CS partagée, en analysant la correspondance entre les modèles mentaux des membres d'une équipe. Les méthodes s'inscrivant dans cette approche mobilisent les concepts de mémoire transactive et de modèles mentaux partagés, considérés comme particulièrement importants dans l'émergence d'une cognition d'équipe (Zajac, Gregory, Bedwell, Kramer, & Salas, 2014). Dans le courant écologique de la CS, les études s'intéressent plutôt à la notion de schémas. Les communications sont alors considérées comme des transactions nourrissant la CS, qui permettent

aux membres d'une équipe de confronter leurs représentations avec celles des autres (Sorensen & Stanton, 2011, 2015). Certaines études s'inscrivant dans cette approche mettent en avant l'importance du partage par les membres d'une équipe de leurs attentes et buts respectifs afin d'actualiser leur CS dans un processus cyclique (Salas et al., 1995; Salmon, Stanton, Walker, Jenkins, et al., 2008). D'autres études s'intéressent plutôt aux quantités d'informations échangées et au lien que cette variable peut avoir avec la performance d'une équipe. Les résultats d'une étude portant sur la compatibilité des schémas de participants à un jeu stratégique collaboratif montrent que la quantité d'informations échangées est directement corrélée à la performance (Sorensen & Stanton, 2016). Dans cette étude, les équipes performantes posaient moins de questions que les autres équipes, mais recevaient quand même les informations nécessaires. Ceci peut s'expliquer par une meilleure prise en compte par les opérateurs des besoins en information de leurs coéquipiers (Urban, Weaver, Bowers, & Rhodenizer, 1996). Les résultats sur la quantité d'informations échangées, corrélée à la performance, sont nuancés par ceux de (Rafferty, Stanton, & Walker, 2013), qui a étudié une situation apparentée à celle de la gestion de situation dynamique et à risques. Cet auteur montre un lien entre la fréquence de communication et la performance. Il révèle que le sens de ce lien dépend de l'objet des communications. Ceci est cohérent avec les résultats d'Orasanu (1990) qui montrent que la fréquence de communication dépend de la tâche : les équipes moins performantes communiquent plus fréquemment lorsque les tâches impliquent une charge de travail plus élevée du fait de l'influence négative de la charge de travail sur l'efficacité des communications. Le constat inverse est réalisé par (Barth, Schraagen, & Schmettow, 2015), avec une quantité d'informations verbales partagées moins importante pour la réalisation de tâches complexes. Le réseau de communication était aussi plus décentralisé dans ces mêmes tâches, avec une quantité plus importante de discussions. Enfin, dans une situation de gestion collective d'une situation dynamique et à risques, (Øvergård, Sorensen, Nazir, & Martinsen, 2015) montrent qu'il n'y a pas de lien entre la structure de la communication et la performance. D'après ces auteurs, il est nécessaire de prendre en compte la pertinence des informations partagées pour expliquer la performance.

La communication verbale étudiée en tant que moyen d'action sur l'environnement. — Ici, la communication verbale est analysée pour inférer des activités cognitives sous-jacentes des locuteurs en situation de travail (Dusire, 2000). Elle peut ainsi être utilisée pour identifier certains mécanismes cognitifs en jeu dans la construction de la CS collective. Dans l'esprit de cette approche, Hoc et Amalberti (1999) ont proposé un cadre d'analyse des activités cognitives en situation dynamique. Ce cadre d'analyse vise à articuler plusieurs observables, dont les communications verbales, afin d'accéder aux activités cognitives des opérateurs par le biais

d'inférences. Cette méthode se base sur leur modèle de gestion des situations dynamiques (GSD). Elle consiste en une analyse propositionnelle prédicative de corpus verbaux (Ghiglione & Richard, 1999), fréquemment utilisée dans les études portant sur la gestion des environnements dynamiques (Bourgeon, 2011; Munduteguy & Darses, 2000). Les protocoles verbaux sont codés selon un formalisme de type « prédicat/argument ». Les prédicats correspondent à des activités de diagnostic et de prise de décision qui permettent de rendre compte des mécanismes cognitifs mobilisés par les opérateurs pour réaliser leurs tâches (Lee, Park, Kim, & Seong, 2012; Reinartz & Reinartz, 1992). S'inscrivant dans cette approche, (Lee, Kim, Park, Kang, & Seong, 2016) construisent un schème de codage basé sur les activités cognitives impliquées dans l'élaboration de la CS d'équipe. Pour catégoriser les activités cognitives, ils utilisent un modèle combinant celui de la double échelle de Rasmussen avec celui d'Endsley. Leurs résultats montrent que les équipes performantes ont partagé une quantité plus importante d'informations relatives à des activités cognitives de « haut niveau », telles que la prédiction, l'évaluation et l'identification, par rapport à des informations relevant d'observations non interprétées de l'environnement. D'autres études montrent que les experts mobilisent plus fréquemment l'anticipation dans la gestion de situations dynamiques, comparées aux novices (Cellier, Eyrolle, & Marine, 1997; Hoc, 1991). Des résultats opposés ont néanmoins été trouvés dans le cas de missions de reconnaissance dans l'aviation militaire (Amalberti, 1996). Ceci pourrait s'expliquer par le fait que dans des situations routinières, certaines réponses aux situations ont été automatisées et que les opérateurs n'ont plus besoin d'anticiper de façon explicite pour coopérer.

Il est aussi possible de combiner les deux points de vue dans une approche s'intéressant à la fois à la structuration de la communication et aux mécanismes cognitifs sous-jacents relatifs à l'élaboration de la CS. Van de Walle, Brugghemans et Comes (2016) montrent que dans un *réseau centralisé*, la CS est meilleure quand les informations sont enrichies, c'est-à-dire lorsqu'elles ont fait l'objet d'un traitement cognitif. On entend ici par *réseau centralisé* un réseau dans lequel les informations passent par un coordinateur.

VI.2.2.3. La communication non verbale comme indice des activités cognitives mobilisées dans le partage d'informations

La construction de la CS passe par la conscience des actions et des buts poursuivis par les autres membres de l'équipe (Shu & Furuta, 2005). Pour cela, les communications non verbales, qui s'appuient sur le caractère ostensif des actions d'autrui, sont tout autant nécessaires que les communications verbales. La gestuelle et la posture des individus fournissent des éléments cruciaux

pour la construction de la CS et pour l'anticipation (Korkiakangas, Weldon, Bezemer, & Kneebone, 2014).

VI.3. Méthodes s'inscrivant dans des modèles sociocognitifs de l'analyse de l'activité

Le développement des modèles sociocognitifs s'inscrit dans la lignée des travaux en sociologie, en anthropologie, et en éthologie humaine. Leur forte expansion rend compte de la nécessité de mieux rendre compte de la performance de l'individu dans un collectif d'action (Amalberti & Hoc, 1998a). Les méthodes associées à ces modèles s'intéressent principalement aux interactions sociales et sont principalement issues de l'analyse des réseaux sociaux (*Social Network Analysis*).

VI.3.1. Social Network Analysis: théorie et point méthodologique

Cette méthode a été utilisée dans des disciplines variées (Henttonen, 2010) et notamment dans l'industrie nucléaire (Park, 2011; Park, Jung, & Yang, 2012), dans le domaine médical (Barth et al., 2015) et naval militaire (Schraagen & Post, 2014).

La Social Network Analysis s'inscrit dans la lignée des analyses structurelles, qui sont assez classiques dans le domaine de la sociologie (Wellman, 1988). Elle s'appuie sur des outils d'analyse mathématiques issus de la théorie des graphes. Les premiers travaux, qui portaient principalement sur une analyse qualitative de la structure de communication, ont été développés par Bavelas (1948) et Leavitt (1951). Le principe de base de la Social Network Analysis consiste à représenter graphiquement les agents sociaux ainsi que leurs interconnexions. Les agents, qui peuvent être des individus, des groupes d'individus, ou même des organisations, sont représentés par des nœuds. Les connexions matérialisent les liens d'interdépendance entre les agents et sont représentées par des arcs. La représentation graphique des nœuds et des arcs qui les relient constitue un graphe qui représente le réseau social. Il existe une grande diversité de réseaux sociaux qui diffèrent par leur taille et par la nature des agents sociaux et des interactions étudiées. Plusieurs développements méthodologiques ont été proposés de façon à analyser qualitativement et quantitativement les réseaux.

La méthode la plus utilisée, développée par Wasserman et Faust (1994) se base sur l'analyse matricielle afin d'objectiver par des données quantitatives les caractéristiques structurelles des réseaux. Plusieurs concepts ont ainsi été proposés pour décrire les réseaux à partir du calcul matriciel (voir Henttonen, 2010, pour une revue de littérature).

Nous nous contenterons de décrire les principaux concepts utilisés dans l'étude des réseaux sociaux d'équipes de travail. On distingue deux grandes catégories de concepts : ceux qui rendent compte

de caractéristiques structurelles de l'ensemble du réseau, et ceux qui permettent d'analyser la position d'un individu dans le réseau. A chaque concept est associée une métrique issue de l'analyse matricielle. Nous qualifierons de métriques *collectives* la première catégorie de concepts et de métriques *individuelles* la seconde catégorie.

On distingue deux principales métriques collectives :

- La densité. La densité rend compte du degré de cohésion du réseau, c'est-à-dire du nombre de liens qui existe entre les individus, par rapport au nombre total de liens possibles. Dans un réseau non pondéré et non directionnel où tous les individus sont reliés entre eux, la densité est de 1. Dans un réseau où il n'y a aucun lien, la densité est de 0. La densité est généralement utilisée pour identifier le degré de partage des informations dans un réseau (Balkundi & Harrison, 2006; Burt, 1992; Freeman, 1977).
- La centralisation. La centralisation représente le degré d'homogénéité du nombre de connexions que possède chaque individu. Si tous les individus possèdent le même nombre de connexions, le réseau est peu centralisé. A l'inverse, un réseau dans lequel quelques individus possèdent un grand nombre de connexions est plus centralisé. La centralisation est utilisée pour analyser la répartition de l'importance associée à chaque opérateur dans le réseau (Bavelas, 1950; Scott, 2000).

Parmi les métriques *individuelles*, toutes visent à rendre compte de la place d'un individu dans le réseau. Elles portent toutes le nom de *centralité*, mais se différencient par la façon de calculer cette centralité. On distingue :

- Le degré de centralité. Le degré de centralité est généralement utilisé pour étudier l'importance d'un individu dans un réseau non directionnel. Il est représenté par le nombre total de relations que possède un individu avec les autres (Bavelas, 1948; Wasserman & Faust, 1994).
- Le status ou prestige. Cette métrique ne peut être calculée que pour des réseaux dans lesquels les relations sont directionnelles. Le status d'un individu représente le nombre de relations dirigées vers celui-ci. Dans un réseau de communication, il correspond au nombre de communications reçues par cet individu. Plus le status d'un individu élevé, plus il représente un élément central dans le réseau (Katz, 1953; Moreno, 1934).
- La réciprocité. La réciprocité est aussi calculée uniquement dans les réseaux directionnels. Elle rend compte du degré de réciprocité dans les relations entre un individu et les autres. Pour un réseau de communication, son calcul consiste à faire le rapport entre

le nombre de communications que reçoit un individu et le nombre de communications qu'il envoie (Wasserman & Faust, 1994).

Un grand nombre d'autres métriques ont été développées afin d'analyser des réseaux ayant des caractéristiques différentes (voir Wasserman & Faust, 1994 pour une revue de littérature). Ce n'est que récemment que des travaux en mathématiques appliquées ont tenté d'adapter ces métriques à l'analyse des réseaux pondérés (Barthélemy, Barrat, Pastor-Satorras, & Vespignani, 2005). Le développement de ces nouveaux outils pourrait permettre d'enrichir l'analyse des réseaux de communication en prenant en compte la proximité des liens qu'il existe entre les membres d'une équipe.

VI.3.2. La méthode Event-Analysis of Systematic Team-Work (EAST)

Dans le cadre de la théorie DSA, une méthode d'analyse des évènements en situation de travail collectif a été proposée sous le nom de *Event-Analysis of Systematic Team-Work*, (EAST), par Stanton (2006) et Walker et al. (2006). La méthode a été utilisée dans les domaines du sport (Macquet & Stanton, 2014), militaire (Stanton & Bessell, 2014; Stanton, Salmon, Walker, & Jenkins, 2010) et de l'énergie (Salmon, Stanton, Walker, Jenkins, et al., 2008).

Son utilisation a permis de montrer que, dans des situations complexes, il existe un lien direct entre la quantité d'informations échangées et la performance (Sorensen & Stanton, 2011, 2016). Ces études ont été menées dans des organisations de type *Command and Control* C2 et révèlent que lorsque la complexité de la situation augmente, il arrive que l'équipe de commandement interagisse moins fréquemment avec les autres équipes, ce qui pourrait altérer la performance d'équipe.

La méthode EAST consiste à caractériser et représenter les interactions entre les tâches réalisées, entre les agents du système et entre les informations partagées par ces agents sous forme de trois réseaux distincts. Les méthodes de construction et d'analyse des réseaux sont empruntées aux travaux en sociologie portant sur l'analyse des réseaux sociaux.

Les interactions sont identifiées à partir d'enregistrements audio de l'activité et d'entretiens. La technique des entretiens la plus couramment utilisée est celle de la *Critical Decision Method* (CDM) (Stanton, Walker, & Sorensen, 2012). Développée dans le cadre théorique de la *Naturalistic Decision Making* (Klein, 2015a; Klein, Calderwood, & MacGregor, 1989) cette méthode consiste à recueillir a posteriori les connaissances d'experts, leurs stratégies et les informations sur lesquelles ils se sont basés, pour faire face à une situation non-routinière. Elle est composée de quatre étapes

96

1) l'identification d'un événement, 2) la reconstitution de la time line, 3) l'approfondissement détaillé du processus de décision (connaissances activées, expériences passées, indices détectés, buts recherchés, etc.) et 4) les réactions à d'hypothétiques changements de la situation. Cette technique d'entretien est très intéressante pour identifier les processus en jeu lors de prises de décision. Elle nous semble également pertinente pour accéder aux processus de construction de la conscience de la situation. Idéalement conduite pour l'ensemble des opérateurs de l'équipe, elle permet de mettre en évidence la dimension collective. L'inconvénient principal est le temps de passation qui peut être long du fait de l'approfondissement du processus de décision. Dans un contexte opérationnel où les personnes ont peu de temps disponible, elle peut être difficile à mettre en œuvre.

A partir de l'analyse des enregistrements audio issus de l'activité et des entretiens, on peut construire trois réseaux différents.

Le réseau social. — Ce type de réseau correspond à ceux utilisés classiquement dans la littérature sur les Social Network Analysis. Les nœuds correspondent à des agents du réseau (humains ou non), et les arcs correspondent, soit à des interactions comportementales réelles (communication verbale principalement), soit à des relations d'interdépendance (besoins en information par exemple). Les arcs de ce type de réseau peuvent être pondérés ou non. Dans le cas d'arcs non pondérés, les relations représentent la présence ou l'absence d'interaction entre deux nœuds. Dans le cas d'arcs pondérés, la relation peut représenter le nombre d'interactions observées entre deux nœuds ou le degré d'interdépendance entre deux nœuds. Les arcs peuvent être directionnels de façon à représenter le sens de l'interaction, ou non.

Le réseau relatif aux tâches. — Dans ce réseau, les nœuds correspondent à des tâches et les arcs aux relations d'interdépendance identifiées à partir des entretiens entre ces tâches. Les relations d'interdépendance entre les tâches sont caractérisées à partir d'entretiens post-activité avec les opérateurs, en combinant les techniques de l'analyse hiérarchique des tâches (Hierarchical Task Analysis) et la CDM ((Stanton et al., 2006b). La distinction entre les tâches prescrites et les tâches réelles n'est pas clairement explicitée par les auteurs utilisant la méthode EAST. Les réseaux obtenus sont directionnels mais non pondérés.

Le réseau informationnel. — Ce troisième type de réseau est construit, soit à partir du corpus verbal construit à partir des communications enregistrées pendant l'activité, soit à partir de la méthode CDM. Les nœuds correspondent à des concepts (qui sont des mots) présents dans les communications verbales ou évoqués dans les entretiens. Les arcs correspondent au lien entre ces concepts, établis lorsque deux mots se trouvent dans une même phrase issue de l'activité ou d'un

entretien. Cette méthode est empruntée à l'analyse des réseaux propositionnels et vise à représenter la totalité des connaissances mobilisées pendant l'activité. Les réseaux obtenus sont non directionnels et non pondérés.

La combinaison de ces trois réseaux fournit alors une image globale de la distribution de la CS. Cette analyse peut être réalisée à partir de différentes phases d'activité de façon à pouvoir comparer la distribution de la CS entre celles-ci. Différentes techniques sont utilisées pour combiner les réseaux (Stanton, Salmon, & Walker, 2014).

Le réseau social et le réseau relatif aux tâches sont combinés à partir de l'identification des opérateurs impliqués dans la réalisation de chaque tâche. Il n'est pas précisé si le réseau obtenu représente les opérateurs qui ont réellement participé à la réalisation d'une tâche spécifique, ou s'il représente les tâches prescrites demandées à chaque opérateur. Le réseau social et le réseau informationnel sont combinés à partir de l'identification des opérateurs ayant mobilisé chaque concept du réseau informationnel dans les communications verbales. Les interactions entre les opérateurs mobilisant un concept spécifique sont appelés transactions. Le réseau relatif aux tâches et le réseau informationnel sont combinés en identifiant pour chaque concept les tâches auxquelles il est associé.

La représentation de la combinaison de ces trois réseaux donne un réseau informationnel dont les nœuds sont les concepts, avec les tâches auxquelles ils sont associés et les opérateurs qui les ont mobilisés. Cette représentation est utilisée pour analyser la distribution des informations dans le réseau pendant une phase d'activité. Au-delà d'une description systémique de la distribution des informations, l'objectif est de pouvoir identifier des failles dans la transaction des informations pendant certaines phases de l'activité. La façon d'identifier la norme vers laquelle doit tendre la distribution de ces réseaux n'est toutefois pas discutée par les auteurs.

Cette méthode d'analyse de la CS présente l'avantage d'être applicable à des systèmes sociotechniques complexes. De plus, elle a pour objectif une prise en compte du rôle des opérateurs dans l'élaboration de la CS ainsi qu'un lien fort avec l'activité. Cependant, la complexité des systèmes implique une complexité des réseaux qui rend difficile leur analyse (Salmon, Stanton, Walker, Jenkins, & Rafferty, 2010) et par conséquent l'évaluation de leur validité. Le lien entre le rôle des opérateurs et leur contribution à une tâche n'est que partiellement analysé. La méthode permet d'identifier d'importantes réorganisations dans l'allocation des tâches (un opérateur qui délègue à un autre la réalisation d'une tâche par exemple), mais ne permet pas de rendre compte de la dynamique de ces réorganisations (un opérateur qui demande de l'aide à un autre pour réaliser sa tâche par exemple). Or, il nous semble que ces subtils ajustements aux caractéristiques de la

situation sont la définition même de la conscience de la situation distribuée dans un système sociotechnique complexe.

De plus, la normativité associée aux méthodes de la TSA est déplacée dans l'approche DSA. La norme n'est plus basée sur les informations qu'un individu doit connaître pour réaliser son activité, mais sur les informations qui doivent être transmises ou non dans une équipe à un moment donné. Ceci nous paraît intéressant dans le cas de situations routinières et pour lesquelles il existe des procédures spécifiques. Mais dans le cas de situations de résolution de problème, il n'est pas possible d'identifier précisément les informations à traiter et les actions à réaliser à chaque instant. Il semble donc y avoir une incompatibilité entre ce type de méthode, qui ne rend pas compte de la complexité des situations et les bases théoriques de l'approche centrée sur les contraintes dans laquelle elle s'inscrit.

Pour conclure sur cette méthode, les fondements théoriques sur lesquels elle s'est développée permettent la prise compte des spécificités de la gestion collective d'environnements dynamiques et complexes. Elle nous semble adaptée à l'analyse de la CS dans ce type d'environnement en situation routinière ou pour des tâches simples, mais pas pour des tâches complexes.

VI.3.3. La structuration du réseau interactionnel comme fenêtre sur les processus d'élaboration de la CS

L'analyse des réseaux sociaux (SNA) a aussi été utilisée dans d'autres travaux portant sur la DSA, avec une approche s'inscrivant dans le courant de la *team cognition*. Ce courant considère que la cognition est une propriété émergente des interactions entre membres d'une équipe (Walker et al., 2006). Les travaux qui s'inscrivent dans cette approche s'intéressent aux transactions de CS plutôt qu'aux connaissances partagées par les opérateurs (Stanton, Salmon, Walker, & Jenkins, 2009). Ces transactions sont définies comme des échanges d'informations, principalement au travers de la communication verbale. La transmission d'une information par un individu A à un individu B informe l'individu B sur une partie de la CS de l'individu A. Etant donné que la représentation que se fait l'individu A de la CS de l'individu B, la transaction a pour effet une transformation de la CS des deux individus. La demande d'information constitue également un moyen pour un individu d'alimenter activement sa CS. Les chercheurs font le postulat que la structuration du réseau de communication des membres d'une équipe a un impact sur la distribution des informations dans l'équipe (Schraagen, Veld, Huis, & De Koning, 2010; Stanton et al., 2012). La mise en commun des informations de chaque membre de l'équipe revêt donc une importance cruciale dans l'élaboration de la CS.

A la différence de la majorité des travaux sur les connaissances partagées, les travaux portant sur les processus d'adaptation dynamique des équipes s'intéressent uniquement aux interactions observées pendant l'activité (Barth et al., 2015). Dans ces travaux, les caractéristiques sociométriques des réseaux sont utilisées pour décrire l'activité dans différentes configurations organisationnelles et en fonction de phases d'activité spécifiques (Houghton, Baber, Stanton, Jenkins, & Revell, 2015). Les réseaux peuvent être analysés qualitativement (architectures des réseaux) ou quantitativement (métriques SNA).

Plusieurs travaux ont montré que la structure du réseau, et plus spécifiquement la centralisation, a un impact sur la performance de résolution de problème (Ahuja & Carley, 1999; Bavelas, 1950; Leavitt, 1951). Une communication décentralisée est préférable pour des tâches complexes étant donné que cela peut limiter la surcharge cognitive (Cross & Cummings, 2004). La décentralisation du réseau implique aussi que chacun des membres participe plus et partage par conséquent plus d'informations sur ses représentations (Brown & Miller, 2000). En situation de stress et contrainte temporelle, les membres de l'équipe ont tendance à parler moins en quantité et à communiquer préférentiellement sur des éléments prioritaires ce qui a pour effet de centraliser le réseau ((Xiao, Seagull, Mackenzie, Ziegert, & Klein, 2003).

Peu d'études se sont spécifiquement intéressées à la place d'un individu dans le réseau de communication des équipes fonctionnant sur un mode *command and control*. Une étude sur les équipes navales militaires a néanmoins montré que les chefs d'équipe occupaient une place plus centrale dans le réseau que les autres (Schraagen & Post, 2014). L'impact de l'expérience des équipes sur la structure du réseau a été analysé et les auteurs ont montré que les équipes expérimentées échangeaient une plus grande quantité d'informations et que leur réseau était plus décentralisé. Un lien direct entre la quantité de communication et la performance a également été mis en évidence par Park (2012) pour les équipes de contrôle de centrale nucléaire.

Parmi les approches récentes qui étudient la CS au travers des réseaux de communication, on peut citer le modèle de *Situation Awareness Weighted Network* (SAWN), proposé par Kalloniatis et al. (2017). Ce modèle tente d'unifier le modèle cognitif individuel de CS d'Endsley et le modèle systémique et distribué de Stanton (cf. IV.3.1 et V.1.2.1). Selon cet auteur, l'approche systémique et distribuée trouve son intérêt du fait qu'elle prend en compte les caractéristiques des systèmes dont l'organisation est de type *command and control* (distribution des informations, coordination entre plusieurs équipes dont l'activité implique des processus cognitifs et décisionnels de complexité variable). L'approche d'Endsley permet, quant à elle, de mettre au centre des interactions les processus cognitifs impliqués dans l'élaboration de la CS. Le modèle SAWN vise à

représenter un réseau de « pourvoyeurs en informations » et les liens qu'il existe entre eux. Ces agents peuvent être des humains, des dispositifs technologiques ou des artefacts (interfaces d'affichage et de contrôle, papiers, automates, etc.). La méthode consiste à questionner les individus d'un réseau sur leurs tâches et les interactions qu'ils entretiennent avec ces agents au cours de leur activité. Le réseau est ensuite modélisé en représentant les agents par des nœuds. Les arcs sont évalués subjectivement par l'observateur selon une échelle de CS de 1 à 10. Cette échelle est inspirée du modèle d'Endsley, avec entre 1 et 3 le premier niveau, de 3 à 6 le deuxième et de 6 à 10 le troisième. Le score de CS évalué sera ensuite considéré comme le poids de l'arc entre deux nœuds. La critique principale que l'on peut faire à ce modèle réside dans l'écart entre l'échelle temporelle d'acquisition des interactions par la méthodologie employée et l'échelle temporelle des processus cognitifs décrits par Endsley dans son modèle.

VI.3.4. La prise d'informations visuelles : une fenêtre sur les stratégies de prise d'informations

L'utilisation de la prise d'informations visuelles s'est plus récemment développée du fait de l'évolution des outils d'acquisition oculométrique qui sont de plus en plus mobiles et robustes. La direction du regard, recueillie grâce à un oculomètre, permet d'identifier les éléments de l'environnement où le regard s'est fixé, sous-tendant les aspects de la situation sur lesquels s'est portée l'attention de l'opérateur. Les données oculométriques peuvent être utilisées en comparaison avec des mesures directes de CS (SAGAT) afin d'investiguer les liens entre prise d'information visuelle et qualité de la CS (Moore, 2009). Les résultats de cette étude montraient que la CS des éléments qui sont fréquemment regardés est de meilleure qualité que la CS des autres éléments, et que les stratégies de prise d'information visuelle étaient en lien avec la performance.

L'oculométrie fournit aussi un outil très intéressant pour l'analyse de l'activité, notamment dans le domaine du pilotage d'avion (Dehais, Causse, & Pastor, 2008). Les auteurs ont montré qu'une méthodologie basée sur l'analyse d'aires d'intérêt pouvait être mise en œuvre dans des environnements réels dont les conditions de recueil peuvent être fortement contraintes (fortes variations de luminosité, mouvements, etc.). Dans le champ de la *cognition distribuée*, (Hutchins, Weibel, Emmenegger, Fouse, & Holder, 2013) se sont intéressés à l'activité de pilotage d'avion de ligne en étudiant des situations de simulation. Leur unité d'analyse est le système composé de deux pilotes en interaction l'un avec l'autre, mais aussi avec l'avion et l'espace aérien par le biais de leurs interfaces. Cette approche vise à identifier les processus cognitifs qui prennent place dans ce système en prenant en compte la multi modalité des informations et en relation étroite avec l'action. La méthodologie est construite autour de l'articulation de plusieurs types de données

(physiologiques, contextuelles et comportementales) synchronisées et interprétées en fonction de différents types d'activités. Le choix des données analysées est réalisé selon l'activité considérée. Ainsi, l'analyse du décollage a été effectuée à partir d'enregistrements vidéo et audio tandis que l'analyse de la modification de route, qui implique une interaction entre l'équipage et l'interface automatisée, a été complétée de données oculométriques. Cette méthodologie, dite ethnographique, se base sur des exemples d'activité pour en extraire des invariants. Cette approche présente un fort intérêt méthodologique et va dans le sens de l'articulation de différents types d'observables, tout comme l'approche proposée par Hoc et Amalberti (1999). Cependant, elle ne prend pas en compte le rôle des membres de l'équipe. Or, contrairement aux pilotes dont le niveau d'expertise est sensiblement identique, les différences d'expertise et de niveaux hiérarchiques sont plus marquées entre les membres de l'équipe Central-SP.

L'analyse de la prise d'information visuelle des membres d'une équipe nous semble être une méthode intéressante pour l'étude de la CS collective. L'utilisation par les membres d'une équipe de l'activité d'autrui comme source d'information non intentionnelle constitue en effet une dimension très importante des activités collectives. Les opérateurs savent tirer parti de ce comportement, en rendant ostensives les actions qu'ils souhaitent faire savoir à leur collègue (Falzon, 1994). La difficulté de l'analyse oculométrique tient principalement dans les méthodes de traitement des données de façon à objectiver les stratégies de prise d'informations. Une méthode combinant les entretiens d'autoconfrontation avec l'analyse oculométrique a récemment été proposée afin de recueillir ces stratégies de prise d'informations (Bourgeon, Tardan, Dozias, & Darses, 2019). Une étude dans le domaine hospitalier avait par ailleurs déjà utilisé une méthode similaire afin d'identifier des sources d'informations auxquelles se rapportaient les personnels soignants lors de sessions de simulation permet d'enrichir les débriefings et d'améliorer leur performance lors de nouvelles simulations (O'Meara et al., 2015).

VI.4. Synthèse et discussion des méthodes d'analyse de la CS dans un système sociotechnique complexe

Pour synthétiser, les techniques d'étude mobilisées dans l'approche de la CS d'équipe visent principalement à mesurer la qualité de la CS, souvent en relation avec la performance. Les techniques d'étude mobilisées dans l'approche de la CS distribuée s'intéressent plus aux informations dont les opérateurs ont besoin pour l'élaboration de la CS, en relation avec leurs tâches et buts prescrits. Ces informations et leurs relations sont ensuite schématisées dans des réseaux propositionnels qui servent de matrice pour analyser l'activité réelle.

La diversité de ces méthodes et des résultats qu'elles permettent d'obtenir a entraîné de nombreux débats scientifiques sur leur validité (Stanton et al., 2006b). La quantité importante de ces méthodes soulève des questions concernant l'adéquation entre le concept théorique et ce qui est réellement mesuré. On peut aussi se demander dans quelle mesure ces méthodes sont adaptées au contexte dans lequel elles sont utilisées (Gorman et al., 2006). D'après (Stanton & Young, 1999, 2003), malgré le nombre important de techniques existantes, il est difficile d'établir si elles sont généralisables à des situations très différentes les unes des autres, et il est nécessaire d'établir leur validité et leur fiabilité dans plusieurs domaines différents.

Les principaux problèmes qui se posent dans la construction d'une nouvelle méthode d'analyse de la CS portent sur la prise en compte de la dimension à la fois individuelle et collective, de la dynamique du processus et du possible impact de cette méthode sur l'activité. La fiabilité se rapporte au degré de reproductibilité de l'expérience sous les mêmes conditions avec des résultats identiques. La validité se rapporte à la mesure dans laquelle la technique mesure effectivement la CS et non d'autres processus ou produits psychologiques. La mesure de la CS dans les environnements *Command control communication, computers and intelligence* (ou C4i) est un défi dans la communauté des facteurs humains. Ces environnements sont complexes, dynamiques et riches en informations. Du fait de la nature collaborative des environnements C4i, il est intéressant d'évaluer à la fois la CS individuelle et la CS partagée au sein d'une équipe dans le but de concevoir des outils adaptés.

Pour être fiable, la méthode d'étude de la CS dans ce type d'environnement doit donc être capable :

- De mesurer à la fois la CS individuelle et la CS collective. Chaque opérateur possède des buts, des modèles mentaux et une CS qui lui sont propres, tout en ayant le même objectif que les autres membres de l'équipe. Il contribue aussi à maintenir une CS partagée avec les autres membres de l'équipe permettant à chacun de réaliser ses tâches propres;
- De ne pas altérer le déroulement de l'activité pendant le recueil de données et par la même occasion, la CS des opérateurs ;
- De prendre en compte la dynamique de la situation. La spécificité des environnements C4i tient dans leur aspect dynamique, ce qui rend difficile l'application de techniques telles que SAGAT, qui pourraient impacter sur l'activité. Il est donc important de développer des techniques qui permettent l'évaluation de la SA en conditions réelles de simulation avec une technique de mesure de la SA non invasive pour l'activité (Cooke, 2013).

Chaque technique présente des inconvénients et une approche combinant plusieurs techniques permettrait potentiellement de réduire les biais associés à chaque technique.

La revue de littérature nous montre que la combinaison des approches C2 et de l'analyse systémique de la distribution des informations est intéressante du fait qu'elle tente de prendre en compte les caractéristiques individuelles et cognitives des agents du système (type d'informations échangées, processus cognitifs mobilisés, rôles). A ce jour, cette approche n'a été utilisée que pour l'analyse de larges réseaux et dont la dynamique temporelle n'est prise en compte que pour des évènements dont l'échelle est de l'ordre de la journée, de la semaine ou du mois. De plus, bien que les rôles des agents soient distingués dans la méthode, le lien entre ces rôles et les interactions n'est finalement pas analysé en relation avec les caractéristiques de ce rôle (l'analyse est purement descriptive).

Chapitre VII. Le chef d'équipe : maillon central des interactions au sein du système sociotechnique complexe

La littérature traitant de la gestion de situations dynamiques est riche, mais elle est plus limitée pour ce qui est des environnements collaboratifs. Les travaux portant sur les organisations de type *command and control* (§VII.1), la coopération (§VII.2), et le leadership (§VII.3), nous donnent cependant des informations utiles pour comprendre les spécificités du rôle de chef d'équipe dans la gestion de ces situations. Ces travaux montrent notamment qu'il occupe une place centrale dans les interactions.

VII.1. Les organisations de type command and control (C2)

Afin de mieux prendre en compte les spécificités des systèmes sociotechniques militaires, une description de ces environnements a été proposée sous le nom d'organisation de type *command and control* (C2). Développée principalement dans le domaine de la défense, elle vise à être applicable plus généralement à de grand systèmes dynamiques et complexes (Harris & White, 1987). L'objectif initial était de fournir des recommandations relatives à la conception de ces systèmes (Wohl, 1981).

Ce domaine de recherche a été bouleversé par l'évolution technologique des systèmes. Le nom a alors évolué en *Command control communication, computers and intelligence* (ou C4i). Les systèmes étudiés sont distribués et constitués d'unités hiérarchiquement organisées. Ils peuvent être composés d'équipes plus ou moins grandes et dont l'activité peut être du commandement, du contrôle, ou un mélange des deux. Les systèmes C4i comprennent des agents humains et technologiques. Le recueil et le partage d'information constituent la clé de voûte de leur fonctionnement. La communication s'établit au sein et entre les unités du système qui peuvent être localisées à différents endroits.

L'architecture des systèmes C4i a été décrite dans des domaines présentant une complexité variable, depuis les services de police et d'urgence, aux réseaux plus larges tels que les infrastructures militaires. Selon Smith (2003), le but des systèmes C4i est de fournir les bonnes informations, rapidement et dans un format adapté aux agents pertinents. De plus, un des points clés identifiés par White et Harris et repris par Smith est de pouvoir évaluer la pertinence de cette infrastructure, par des méthodes rigoureuses et scientifiques qui permettent de mesurer son intérêt.

La conception d'un système C4i pose des questions sur l'impact qu'il aura en termes de facteurs humains et notamment de charge mentale, d'erreurs et de conscience de la situation. L'importance de la conscience de la situation est d'autant plus grande dans le domaine militaire du fait des risques

encourus en cas d'information erronée ou inadapté qui peuvent engendrer une mauvaise conscience de la situation et avoir pour conséquence la mort d'individus. Les objectifs opérationnels sont décrits dans cette littérature comme des buts décomposés en tâches dont la méthode est plus ou moins bien procéduralisée (Harris & White, 1987).

Un des enjeux de la conception de ces infrastructures est la pluralité de perspectives selon lesquelles elle peut être abordée. La granularité s'étend d'une analyse fine des tâches à l'échelle d'un individu (micro-niveau), aux caractéristiques cognitives impliquées dans la performance d'équipe (mesoniveau), à une macro-analyse du fonctionnement organisationnel. Cette description selon différents niveaux rappelle fortement la définition que donne Rasmussen d'un système-sociotechnique (Rasmussen, 1997).

VII.2. Caractéristiques de la coopération au sein du système sociotechnique complexe

Le cadre théorique de la coopération, fournit un cadre d'analyse utile pour comprendre les spécificités des rôles dans le travail collectif en équipe. Le type de coopération le plus fréquent dans les environnements militaires est appelé coopération distribuée. Dans ce type d'organisation, les opérateurs partagent un but global commun mais ont des buts immédiats qui diffèrent (Rogalski, 1994). La coordination des activités de chacun est donc primordiale. Aussi, les actions permettant d'atteindre le but global sont décomposées et distribuées entre les opérateurs, qui doivent ensuite se synchroniser entre eux ainsi qu'avec la dynamique du système pour exécuter ces actions. Cette synchronisation est dite opératoire. Elle est déterminante dans l'allocation des tâches et la gestion du temps. Cette approche intègre aussi la prise en compte de l'influence de l'organisation institutionnelle sur la façon dont se structurent les activités collectives (Brehmer, 1991). Dans les organisations hautement hiérarchisées, telles que les salles de contrôle de salle nucléaire, chaque opérateur a un rôle dépendant de son niveau hiérarchique (Boy & Schmitt, 2013). Ce type d'organisation a fait l'objet d'une étude réalisée par Darses et Mundutéguy (1998) qui ont identifié deux types de coopération à partir de l'activité des acousticiens dans le domaine aéronaval du pistage de sous-marins. La coopération entre deux opérateurs qui contrôlent directement les interfaces est dite horizontale : ils accomplissent des tâches avec un niveau hiérarchique équivalent. La coopération entre le représentant du commandement, le chef de l'équipe de contrôle et les deux opérateurs de contrôle est dite verticale : l'activité des équipiers est gérée par le chef d'équipe, qui lui-même rend compte au représentant du commandement.

Dans ce type d'organisation comprenant un collectif d'individus en interaction les uns avec les autres, mais aussi avec des objets (des interfaces par exemple), l'unité d'analyse des processus

cognitifs peut être élargie au système dans sa globalité. C'est l'approche que propose Hutchins (1995) avec le champ de la cognition distribuée qui postule que les composants de l'activité cognitive ne se limitent pas aux représentations mentales mais intègrent aussi les outils, les structures sociales, la culture ainsi qu'une forte dimension temporelle. Cet angle d'analyse des activités collectives nous montre l'importance de la prise en compte des interactions qui s'établissent à tous les niveaux de l'organisation, entre les opérateurs mais aussi avec les dispositifs techniques sur lesquels ils s'appuient pour réaliser leur activité.

VII.3. La place d'un chef d'équipe dans un système sociotechnique complexe : apports des études sur le leadership

Nous venons de voir que la distinction entre les rôles est une caractéristique importante des organisations militaires. Les recherches autour du concept de leadership prennent pour objet d'étude cette distinction entre les rôles dans les architectures hiérarchisées.

Dans une revue de littérature des travaux portant sur le leadership, DeChurch et Mesmer-Magnus (2010) distinguent les approches qui s'intéressent à la dynamique des membres de l'équipe et de leurs interactions, des approches qui tentent de comprendre les caractéristiques individuelles impliquées dans l'activité collective. On retrouve ici la même catégorisation en fonction du focus de l'analyse qu'entre les modèles cognitifs (centrés sur les caractéristiques individuelles) et les modèles sociocognitifs (centrés sur les interactions). De plus, Kaiser, Hogan et Craig (2008) ont montré que la grande majorité des recherches abordent le leadership selon le premier point de vue, centré sur les caractéristiques managériales individuelles des chefs d'équipes, plutôt que sous l'angle des comportements individuels en lien avec la performance collective. Les études s'inscrivant dans cette dernière approche mettent l'accent sur l'émergence de comportements collectifs favorisés par les interactions (Kozlowski & Klein, 2000).

De façon à englober ces différents points de vue, Zaccaro (2001) propose un cadre théorique dans lequel le leadership influence les processus émergents qu'ils catégorisent en quatre types : cognitifs, comportementaux, affectifs, et motivationnels.

DeChurch et Marks (2006) ont proposé un niveau d'analyse prenant en compte les spécificités des systèmes dans lesquels l'activité s'organise autour de l'interaction de plusieurs équipes interdépendantes qui partagent un but commun (Multi-team systems ou MTS). Si l'on s'intéresse aux situations dans lesquelles les opérateurs s'appuient sur des dispositifs pour réaliser leur activité, on peut rapprocher ce type d'organisation des systèmes sociotechniques complexes qui présentent les mêmes caractéristiques. Les auteurs mobilisent la théorie du leadership fonctionnel qui

s'intéresse plus particulièrement à la façon dont le leadership permet d'atteindre des objectifs d'équipe en facilitant les interactions entre les composants d'un système (McGrath, 1984).

La théorie du leadership fonctionnel ne vise pas à identifier les comportements déterminants du leadership en général, mais plutôt les comportements d'adaptation que le chef d'équipe met en place en fonction des caractéristiques de la situation (informations disponibles, ressources) afin d'atteindre la performance d'équipe demandée. Deux champs théoriques approfondissent cette approche. Premièrement, Koslowski et ses collaborateurs (Kozlowski, Gully, McHugh, Salas, & Cannon-Bowers, 1996; Kozlowski, Gully, Salas, & Cannon-Bowers, 1996) ont étendu la théorie du leadership fonctionnel en soulignant l'importance de prendre en compte la façon dont le chef d'équipe adapte ses stratégies de gestion aux besoins et spécificités de l'équipe. Deuxièmement, une extension de la théorie des processus d'équipe fait l'hypothèse que l'équipe se construit au travers d'un cycle dans lequel s'alternent des phases de transition et d'action (Marks, Mathieu, & Zaccaro, 2001). La phase de transition correspond à des activités stratégiques telles que l'établissement de buts et d'objectifs opérationnels. Cette construction collective permet ensuite aux membres de l'équipe de coordonner leurs activités. L'intérêt de l'articulation de ces deux approches est d'offrir une vision plus globale du leadership à partir d'unités d'analyse complémentaires, le chef d'équipe d'une part et l'équipe dans son ensemble d'autre part. DeChurch et Marks (2006) déduisent de cette articulation le fait que pour être performants, les chefs d'équipes dans les systèmes multi-équipes doivent parallèlement gérer efficacement les phases de transition (par la mise en place de stratégies compatibles avec celles des autres équipes) et d'action (en coordonnant l'action de son équipe avec celle des autres équipes).

Pour chaque phase, les auteurs identifient les activités d'un chef d'équipe dit « charnière », en situation de travail collaboratif avec d'autres équipes. Durant la phase dite de transition, le chef d'équipe doit identifier les besoins en informations de chacune des équipes avec lesquelles son équipe interagit, ainsi que ses propres besoins pour atteindre le but commun. Une fois ces besoins identifiés, il doit évaluer la contribution de chacune des équipes au but commun et s'assurer que le partage et le recueil des informations sont adaptés à la dynamique de la situation. Durant la phase d'action, il doit coordonner la communication entre son équipe et les autres et s'assurer que l'activité de chacune des équipes est cohérente avec celles des autres.

La prise en compte de la dynamique des environnements semble être une caractéristique commune aux approches fonctionnelles, qu'elles s'intéressent au leadership ou à la CS. On retrouve cette notion chez Jacobs et McGee (2001) qui différencient le leadership selon la dimension temporelle de l'activité des chefs d'équipes à différents niveaux de l'organisation, en partant de la supervision

à court terme, en passant par le choix des objectifs opérationnels et la coordination, jusqu'à un management à plus long terme.

La théorie du leadership fonctionnel possède de nombreuses similitudes avec la notion de coopération distribuée dans la gestion de systèmes dynamiques.

On retiendra les éléments suivants de la théorie du leadership fonctionnel pour l'analyse de l'activité dans les systèmes sociotechniques complexes et hiérarchisés :

- Le rôle du chef d'équipe, qui constitue une charnière à plusieurs niveaux : en tant que lien central dans sa propre équipe, et en tant que maillon permettant de coordonner l'activité des différentes équipes ;
- L'importance accordée à la prise en compte de la dynamique des situations ;
- L'intérêt d'articuler une analyse des comportements individuels tout en conservant une approche permettant l'étudier le collectif dans son ensemble, en distinguant le rôle de chacun;
- La gestion par les chefs d'équipes de phases de transition, permettant le traitement d'informations à un niveau d'abstraction élevé, et d'action.

Chapitre VIII. Problématique de recherche

L'axe de recherche choisi pour cette thèse est d'étudier les mécanismes d'élaboration de la conscience de la situation collective à partir des caractéristiques interactionnelles qui permettent à l'équipe Sécurité Plongée, organisée en command and control et opérant en situation fortement contrainte, d'atteindre des objectifs opérationnels avec un niveau de sécurité acceptable.

Ce parti-pris nous conduit à poser plusieurs postulats qui forment la trame de notre problématique. Tout d'abord, nous rappellerons que l'élaboration de la CS collective d'une équipe – ici, l'équipe SP, est entièrement dépendante des caractéristiques cognitives et situationnelles de l'activité (§ 1.1). Il s'ensuit d'une part, qu'un travail fin doit être mené pour identifier ces caractéristiques et que, d'autre part, il est nécessaire de mobiliser un modèle-cadre sous-tendant l'analyse de l'élaboration de la CS adapté aux situations dynamiques et à risques. Nous soulignerons ensuite qu'il est crucial de prendre en compte la place particulière qu'occupe le chef d'équipe pour étudier l'élaboration de la CS collective au sein du module SP. Enfin, nous affirmerons que les communications verbales sont la voie d'analyse la plus pertinente pour l'étude de la CS collective de l'équipe SP, mais qu'il est indispensable de combiner l'analyse de la structure de la communication verbale à celle du contenu des communications, pour l'étude de la CS collective de l'équipe SP.

Ces éléments de problématique nous ont conduits à élaborer un programme de recherche qui est présenté dans le Chapitre VIII.

VIII.1. Nécessité d'identifier finement les caractéristiques cognitives et situationnelles de l'activité qui contraignent l'élaboration de la Conscience de la Situation collective de l'équipe SP

L'activité des membres du module SP se réalise dans un système sociotechnique très spécifique (décrit en § II.2.2), au travers de tâches très différentes relatives au contrôle (pilotage) et à la supervision (maintien de l'intégrité du système technique) du système. Ce contexte situationnel est déterminant dans l'élaboration des raisonnements et de manière générale, dans les représentations cognitives que chaque membre de l'équipe SP doit déployer pour fonder son activité. Ces processus cognitifs sont influencés par des caractéristiques individuelles, telles que l'expertise et l'expérience des opérateurs.

Si on gomme la complexité et la diversité des situations de résolution de problème complexe que rencontrent les sous-mariniers en situation opérationnelle, le processus d'élaboration de la conscience de la situation (CS) ne peut donc être apprécié à sa juste valeur. C'est pourquoi nous avons choisi, contrairement à de nombreuses études rapportées en § VI.3, de réaliser nos études à

partir d'une situation réelle et opérationnelle. La nécessité de reproductibilité expérimentale ne nous permettant pas de mener une étude en condition de navigation, nous avons choisi de recueillir nos données lors des sessions d'entraînements en simulateur pleine échelle. Ces sessions s'inscrivent dans l'évaluation et la qualification des membres de l'équipe SP, et sont par conséquent très représentatives des situations de navigation en mer.

La première étape de notre programme de recherche était donc d'effectuer une analyse détaillée des tâches prescrites et réelles de l'équipe SP dans ces situations opérationnelles de résolution de problème complexe. Elle sera menée dans l'étude 1 (§ Chapitre X).

VIII.2. La notion de « Conscience de la Situation » n'a de sens que lorsqu'elle est contextualisée et rapportée à un cadre théorique adapté : il n'y a pas de « bonne » ou de « mauvaise » Conscience de la Situation

Choisir un modèle adapté à l'étude de la CS en situation opérationnelle. — Pour analyser le processus d'élaboration de la CS, il est nécessaire de mobiliser un modèle théorique adapté qui rende compte des caractéristiques de l'environnement sous-marinier, en tant que système sociotechnique complexe et dynamique. Le choix de ce modèle théorique. Le modèle que nous choisirons devra pouvoir rendre compte de la gestion parallèle de la conduite et de la supervision de processus en situation naturelle, c'est-à-dire comprenant des situations de résolution de problèmes complexes.

Choisir une méthodologie adaptée à l'étude de la CS en situation opérationnelle. — Les spécificités des environnements dynamiques rendent impossible l'application de techniques invasives telles que le gel de l'activité (cf. SAGAT; § VI.2.1.1) qui pourraient impacter l'activité. Il est donc important de mobiliser des méthodes qui permettent d'étudier la CS en conditions réelles de simulation, sur la base de techniques de mesure de la CS ne perturbant pas l'activité (Cooke, 2013).

CS. — La complexité des systèmes sociotechniques représente un défi qui conditionne le choix de la méthode de « mesure » de la CS. Du fait de la distribution des informations entre les agents du système, il n'est pas possible d'identifier de manière incontestable les éléments de l'environnement que chaque individu doit connaître à un instant t pour réaliser son activité. Dans l'activité que nous étudions, la CS émerge des interactions entre les agents du système. C'est la façon dont les informations sont distribuées qui détermine la performance collective. En conséquence, il est impossible de déterminer ce qu'est une « bonne » ou une « mauvaise » CS. C'est pourquoi nous avons choisi d'utiliser un critère fondé sur l'atteinte de la performance collective opérationnelle

attendue afin d'identifier des invariants dans les processus d'élaboration de la CS permettant l'atteinte de la performance collective souhaitée. Nous devrons par conséquent construire un indice de performance collective pour chacune des deux caractéristiques impliquées dans la performance opérationnelle de l'équipe SP : la *réussite opérationnelle* et le *maintien de la sécurité*. La construction de ces deux indices de performance collective sera le deuxième objectif poursuivi dans l'étude 1 (§ Chapitre X).

VIII.3. Dans une organisation C2, on ne peut étudier la Conscience de la Situation qu'en prenant en compte la place spécifique du chef d'équipe dans le réseau de communication

Un réseau de communication conditionné par l'organisation Command and Control. — Comme décrit dans le Chapitre X, l'équipe SP opère dans un environnement C2 dans lequel la coopération est distribuée. Les tâches sont allouées à des opérateurs spécifiques, ce qui implique un besoin important d'interactions pour gérer les interdépendances et notamment, partager les informations obtenues à chaque poste. De plus, la communication se conforme aux prescriptions de l'organisation militaire, imposant de respecter la chaîne de commandement pour la transmission des informations, et attribuant des responsabilités précises dans les procédures pour l'action et la transmission d'informations.

La communication verbale comme modalité principale d'interaction. — Dans le module SP, les modalités d'interaction sont multiples (systèmes informatiques, interactions verbales et non verbales). Cependant, la majorité des interactions entre les sous-mariniers passe par la communication verbale, de façon directe ou à distance. Ceci est dû en partie au manque de luminosité et d'espace, ainsi qu'à la disposition spatiale des opérateurs qui limite les possibilités de communiquer par des gestes et des mimiques. La prise d'information visuelle sur les interfaces est également à considérer, mais elle n'est qu'une modalité indirecte d'interaction entre les membres de l'équipe SP.

Le chef d'équipe, charnière des interactions. — Le chef de l'équipe SP constitue une charnière dans les interactions entre les différentes équipes et au sein de sa propre équipe. Le recueil et le partage d'informations sur la situation prennent par conséquent une place prépondérante dans son activité. La représentation de la situation qu'il élabore à partir des informations qu'il recueille est cruciale, car elle lui permet de justifier ses propositions de plans d'actions et de réaliser un compromis acceptable entre les objectifs de sécurité et les objectifs opérationnels. Ces informations recueillies verbalement et visuellement alimentent sa CS individuelle, ce qui lui permet à son tour de partager les informations dont chacun a besoin pour réaliser son activité.

Importance du MDC dans l'établissement du diagnostic et la planification des actions. — Une des caractéristiques importantes de l'activité du chef de l'équipe SP est de s'assurer que les actions mises en œuvre par son équipe soient suivies des modifications attendues du processus. Le MDC a un rôle crucial dans la mise en œuvre et la traçabilité de ces modifications. Ce contrôle des actions est particulièrement important dans les situations qui requièrent l'identification d'un problème, puisque les paramètres fournis par les interfaces peuvent s'avérer faux dans certaines situations, par exemple en cas d'avarie d'affichage. Ainsi, il est fort probable que le MDC occupe une place centrale dans l'élaboration de la CS collective de l'équipe SP, et que ce processus soit soutenu principalement par les interactions verbales.

Nécessité de mobiliser un cadre théorique adapté sous-tendant l'analyse de la CS collective. — Pour étudier les processus d'élaboration de la CS collective de l'équipe SP, on devra donc mobiliser un modèle des activités cognitives qui permette de prendre en compte la place particulière du chef d'équipe dans la communication verbale, tout en faisant une distinction forte entre les activités de diagnostic et de planification des actions. Le modèle GSD (§ XXX) est un candidat idéal, mais il devra être adapté et ajusté afin de rendre compte de la dimension collective des transactions interactionnelles.

VIII.4. Nécessité d'étudier la Conscience de la Situation collective de l'équipe SP en articulant deux approches complémentaires de la communication

La communication verbale constitue la ressource principale pour les membres de l'équipe SP dans l'élaboration d'une CS collective. Nous postulons que la CS collective s'élabore au travers des communications verbales, jouant un rôle crucial dans la réussite opérationnelle et le maintien de la sécurité. Analyser la communication verbale représente donc la voie la plus adaptée à l'étude de l'élaboration de la CS collective au sein du module SP.

Deux approches classiques d'étude de la CS par l'analyse de la communication verbale. — Nous avons montré dans le Chapitre VI qu'il existe deux caractéristiques de la communication verbale qui peuvent être liées à la performance collective. La première caractéristique constitue la façon dont se structure la communication d'une l'équipe en un réseau de communication, ainsi que la place occupée par certains de ces membres dans ce réseau. La deuxième caractéristique constitue le contenu de la communication, c'est-à-dire la « substance » des informations partagées par un individu avec un autre au travers des interactions verbales.

Nécessité d'articuler ces deux approches. — Nous pensons que l'analyse de la structure de la communication n'est pas suffisante pour accéder à la dimension cognitive qui est centrale dans

l'élaboration de la CS. Néanmoins, la structure de la communication constitue un outil intéressant pour modéliser la circulation des informations au sein d'un système sociotechnique complexe tel que le module SP. Quant à l'analyse du contenu de la communication, elle permet d'identifier les activités cognitives mobilisées dans les interactions entre les opérateurs. Elle permet également de maintenir un lien étroit entre les processus individuels et collectifs d'élaboration de la CS. Notre ambition est de combiner une analyse structurelle de la communication avec une analyse du contenu de la communication, afin de dresser un tableau des processus interactionnels impliqués dans l'élaboration de la CS collective. Du fait de l'ampleur des traitements induits par chacune de ces deux analyses, nous avons choisi de consacrer une étude distincte à chacune d'elles. L'étude 2 (§ Chapitre XI) sera consacrée à l'analyse de la structure de la communication au sein du module SP. L'étude 3 (§ 0) consistera en l'analyse du *contenu* de la communication, en lien plus étroit avec les activités cognitives mobilisées dans les échanges verbaux des membres de l'équipe SP. Pour chacune des deux études, l'objectif sera de mettre en évidence des invariants dans la communication verbale. Nous postulons que ces invariants révèleront différentes façons d'élaborer une CS collective, en fonction de l'expérience des membres de l'équipe SP et de leur performance collective.

VIII.5. Programme de recherche

Le programme de recherche que nous avons construit pour répondre à la problématique que nous venons de décrire s'articule en trois études complémentaires. Le Tableau 3 ci-dessous synthétise les méthodes et les résultats attendus associés à chacune des études.

L'étude 1 (§ Chapitre X) consistera en une analyse de l'activité de l'équipe SP, réalisée à partir de leurs communications verbales. Au cours de cette analyse, nous identifierons les tâches traitées pendant la zone 2 du scénario et nous mettrons en évidence différentes stratégies de gestion des tâches mises en place par les équipes. La distinction des tâches relatives à la conduite d'une part, et à l'identification et résolution de problème d'autre part, nous conduira à constituer un indice de performance pour chacune de ces catégories de tâches.

L'étude 2 (§ Chapitre XI) consistera en une analyse de la structure des réseaux de communication des équipes, de façon à identifier la place des opérateurs dans le partage des informations, en relation avec l'expérience des opérateurs et la performance collective.

Dans l'étude 3 (§ 0), nous mènerons une analyse plus fine portant précisément sur la tâche de pesée, qui nous permettra de caractériser plus en détail la place des opérateurs dans les transactions de CS

qui participent à l'émergence d'une CS collective, en lien également avec l'expérience des opérateurs et la performance collective.

Tableau 3. — Programme de recherche

ETUDE 1	ETUDE 2	ETUDE 3				
Chapitre X	Chapitre XI	Chapitre XII				
Analyse de l'activité de l'équipe Sécurité- Plongée en Zone 2	Place du chef d'équipe dans la structuration du réseau de communication :	Transactions de CS impliquées dans l'émergence d'une conscience collective de la situation :				
	 <u>Axe 1</u> (§ XI.4): Impact de l'expérience des opérateurs <u>Axe 2</u> (§ XI.5): Lien avec la performance de l'équipe 	 <u>Axe 1</u> (§ XII.5): Impact de l'expérience des opérateurs <u>Axe 2</u> (§ XII.6): Lien avec la performance de l'équipe 				
Situation	e: Gestion de la pesée en situation dégra	dée par le module SP des SNA				
Participants: 15 équi	pes de 5 opérateurs : MDC/BAR/TSP/C	CDT/OCQ + 3 rôles joués par les entraîneurs				
Méthode :	Méthode :	Méthode :				
Analyse du contenu des communications	Analyse de flux Analyse des réseaux de	Analyse du contenu des communications				
Observations ouvertes	communication					
Etude documentaire						
Analyse des blocs de tâche						
Unité d'analyse :		Unité d'analyse :				
Unités de sens identifiée de l'équipe Central-SP p	s dans la communication des membres endant la Z2	Unités de sens identifiées dans la communication des membres de l'équipe Central-SP portant sur la tâche de GESTION DE LA PESEE ET MAINTIEN DE L'IP pendant la Z2				
Résultats attendus:	Résultats attendus :	Résultats attendus :				
Décrire les tâches réalisées en Z2 par l'équipe SP et	Identifier la place du chef d'équipe dans le réseau de communication Examiner l'impact de l'expérience	Examiner l'impact de l'expérience des opérateurs sur les transactions de CS dans la communication verbale				
identifier les stratégies de gestion des tâches	des opérateurs sur la structure du réseau de communication	Examiner les liens entre les transactions de CS dans la communication verbale et la				
Construire un ou plusieurs indices de performance collective	Examiner les liens entre la structure du réseau de communication et la performance collective	performance collective				

PARTIE EMPIRIQUE

Chapitre IX. Cadre méthodologique

IX.1. Participants

IX.1.1. Caractéristiques des simulations

Nous avons enregistré l'activité de 67 sous-mariniers, répartis en 17 équipes du module Sécurité-Plongée de SNA, confrontés à des événements imprévus et à risques. Ces séances de simulation font partie de leur phase d'entraînement en vue de qualifier les équipes pour partir en mission. Le recueil de données s'est étalé sur deux ans compte tenu de la fréquence des cycles d'entraînement des sous-mariniers. La première campagne de recueil de données s'est déroulée en 2015 avec 10 équipes et la seconde en 2016 avec 7 équipes. Les données des équipages 15 et 16 ayant été corrompues suite à une défaillance matérielle, nous ne les avons inclues dans aucune étude.

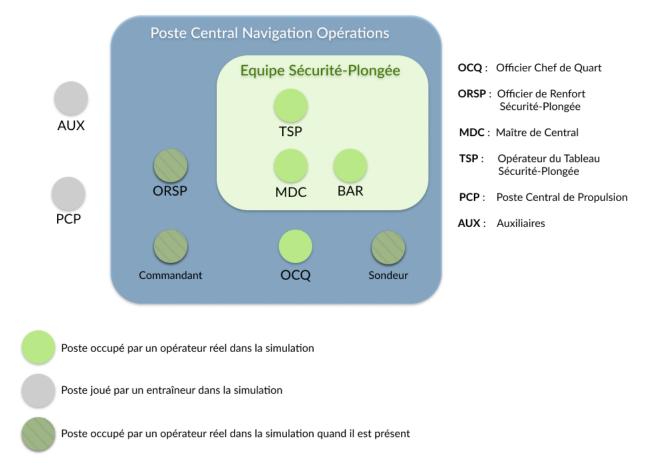


Figure 17. — Représentation schématique des postes occupés par les opérateurs et joués par les entraîneurs dans le dispositif de simulation

L'équipe Sécurité-Plongée est composée de trois opérateurs : le MDC (chef d'équipe), le barreur et l'opérateur TSP. L'OCQ représente le commandement. Les rôles du Commandant, de l'opérateur

en charge du PCP et de l'auxiliaire 2 (les deux opérateurs qui ne sont pas physiquement présents dans le PCNO) étaient joués par les entraîneurs (cf. Figure 17). L'ORSP était présent dans 7 équipes sur les 17, dont 2 pour lesquelles nous n'avons pas pu analyser les données (équipes 15 et 16). Parmi les 15 équipes dont nous analyserons l'activité, 5 d'entre elles possèdent un ORSP.

IX.1.2. Profils des opérateurs, en termes d'expérience générale et d'expérience au poste

Des questionnaires individuels distribués préalablement au début de la simulation aux quatre membres de l'équipe SP nous ont permis de recueillir :

- L'âge de l'opérateur ;
- Son poste actuel;
- Sa spécialité;
- Le nombre de cycles effectués au poste actuel ;
- Les postes occupées précédemment ;
- Le nombre d'années passées dans les forces sous-marines ;
- Le nombre d'années passées dans la marine.

Les équipes SP sont toutes constituées d'opérateurs peu expérimentés et d'opérateurs expérimentés. Seule la répartition des expériences en fonction du poste change en fonction des équipes.

Les tableaux présentant en détail ces informations sont présentés en Annexe (cf. Tableau 27).

IX.2. Dispositif de recueil de données

IX.2.1. Plateforme Sirius

Nous avons recueilli nos données en nous associant aux entraînements qui se tiennent dans le simulateur pleine-échelle « Sirius », situé à l'École de Navigation Sous-Marine (ENSM) de Toulon (Figure 18). Il reproduit l'environnement physique et fonctionnel du module sécurité-plongée des SNA ainsi que l'assiette du sous-marin grâce à une inclinaison variable de la plateforme selon un axe de rotation bâbord-tribord.



Figure 18. — Prise de vue du simulateur pleine échelle du module Sécurité-Plongée de l'ENSM

L'essentiel de l'activité d'entraînement et d'instruction des sous-mariniers est réalisé en simulateur, ce qui permet de contrôler les paramètres de l'environnement et qui offre des possibilités de reproductibilité de scénarii et d'enregistrement que n'autorisent pas les environnements réels (Eyrolle, Mariné, & Mailles, 1996).

IX.2.2. Scenario

Les sous-mariniers sont confrontés à cinq thèmes d'entraînement qui correspondent à des épreuves qu'ils doivent valider collectivement pour pouvoir partir en mission et qui présentent une complexité croissante. Notre scénario s'inscrit dans le thème n°5, qui est le plus complexe.

Le scénario a été conçu spécifiquement pour notre étude par un instructeur et un entraîneur de l'ENSM, en fonction de nos exigences en termes de prise de décision en situation de contrainte temporelle et non routinière. Le choix a été fait d'effectuer la simulation au cours de l'entraînement des sous-mariniers préalable à leur mission, de façon à ce que les opérateurs soient déjà formés et opérationnels. L'objectif opérationnel de ce scénario est la récupération de commandos dans une zone dite « à très petits fonds », hostile (avec présence d'ennemis) et dans un délai imposé d'une heure et quart (avec une marge de 15 minutes).

IX.2.2.1. Découpage du scénario en zones

Le scénario est découpé en quatre zones :

- Z1 : Préparation à la reprise de vue, le sous-marin s'apprête à remonter vers la surface.
- Z2 : Reprise de vue, zone à l'immersion périscopique, prise de contact avec les commandos, pesée à 1 nœud, survenue de plusieurs avaries.
- Z3: Retour en immersion, phase d'approche, gestion d'avaries, avec pour objectif d'aller le plus vite possible tout en respectant des limites acceptables pour la sécurité.
- Z4 : Zone en immersion périscopique, récupération des commandos.

Les sous-mariniers sont habitués à entraîner les manœuvres à effectuer pour atteindre les objectifs des zones 1, 2 et 3. Seule la manœuvre pour atteindre les objectifs de la zone 4 est spécifique et rarement entraînée. Pour cette étude, le choix a été fait de focaliser l'analyse sur la zone 2 (Z2) qui rassemble les caractéristiques qui nous intéressent : navigation en petits fonds (proximité du danger), contrainte temporelle, situations nominales et situations de résolution de problème, gestion parallèle des objectifs de sécurité et opérationnels pouvant être contradictoires. La phase d'activité correspondant à cette zone dure entre 15 et 35 min en fonction de la gestion plus ou moins rapide des avaries et du compromis qui est fait par l'équipe pour atteindre les objectifs opérationnels dans le temps imparti.

IX.2.2.2. Focus sur la Z2 et explication de son intérêt

Les contraintes rencontrées par les opérateurs sont intéressantes pour notre problématique :

- Importance de l'anticipation pendant la Z2 de façon à être dans de bonnes dispositions pour la récupération des commandos en Z4 ;
- Importance de la conscience de la situation puisqu'une avarie les empêche de se peser correctement. Ils doivent donc comprendre que leurs actions relatives à l'allègement du sous-marin à l'aide de la pompe DM n'ont pas d'effet, identifier l'origine du problème et trouver des solutions.

Ce choix répondait aussi à une contrainte technique liée à la fiabilité plus importante des données en début d'enregistrement (impossibilité de relancer les enregistrements en cours de session). Enfin, la méthodologie que nous avons choisie implique une durée de traitement des données comportementales très longue, d'où la nécessité de sélectionner une phase d'activité au sein du scénario.

IX.2.3. Déroulement de l'expérience

Le déroulement de l'expérience est présenté dans le Tableau 4.

La durée totale de la simulation est d'environ 2h30 pour les chefs d'équipe et d'1h45 pour les autres membres de l'équipe SP. Les quatre membres de l'équipe évaluée sont accueillis 20 minutes avant le début de la simulation, de façon à effectuer une réunion préparatoire visant à expliquer les modalités et le but de nos observations, à remplir le formulaire de consentement éclairé et à remplir la fiche individuelle.

Les sujets sont ensuite équipés de micros-cravates qui, une fois posés, assurent au participant de libres déplacements au sein de la plateforme.

Tableau 4. — Déroulement et durée de l'expérience

	Etapes	Temps requis
1	Présentation de l'étude auprès de l'équipe Signature du formulaire de consentement Recueil des données biographiques	20 min
2	Séance de simulation du programme d'entraînement Enregistrement des données vidéo via 4 caméras Enregistrement des données audio via 4 microphones	60 min
3	Débriefing de mission fait par les entraîneurs Entretien d'autoconfrontation avec le chef d'équipe	70 min
	Temps total par équipe	2h30

Suite à la simulation et selon le déroulement normal des séances d'entraînement, un débriefing technique d'environ 20min est réalisé par les instructeurs et entraîneurs en présence du commandant du sous-marin. A l'issue, un entretien d'autoconfrontation de 45 min est effectué avec le chef d'équipe.

IX.3. Méthodes de recueil de données

IX.3.1. Observations outillées

IX.3.1.1. Enregistrement audio et vidéo des sessions d'entraînement de toute l'équipe

Au total, 17 simulations d'une durée d'environ 1h30 chacune ont été enregistrées.

Quatre caméras ont été fixées dans le simulateur de façon à recueillir différents angles de vue :

- Une vue d'ensemble sur la plateforme de simulation
- Une vue centrée sur le TSP et son interface
- Une vue centrée sur le barreur et son interface
- Une vue d'ensemble du MDC, TSP et du barreur

Des micros-cravates ont été utilisés pour enregistrer les communications verbales des quatre membres de l'équipe SP. Ces micros nous ont aussi permis d'enregistrer indirectement les communications des interlocuteurs de ces quatre membres d'équipage. L'ORSP était aussi équipé d'une micro lorsqu'il était présent.

L'enregistrement vidéo nous paraît être la méthode la plus pertinente pour analyser les communications verbales. En effet, l'intérêt des vidéos est qu'il est possible de les visualiser autant de fois que nécessaire pour atteindre le niveau de détail voulu.

Le Tableau 5 synthétise les techniques de recueil de données utilisées et le volume de données recueillies.

Tableau 5. — Tableau récapitulatif des techniques de recueil de données et du volume des données

Type de fichier	Enregistrement Audio	Enregistrement Vidéo	Questionnaires individuels d'expérience
Nombre de fichiers	17 équipes x 4 opérateurs mixés en 17 fichiers	17 équipes x 4 angles de vues	17 x 4
Durée totale d'enregistrement (en heures)	92	92	/

Le choix de la vidéo présente les avantages de l'analyse de l'activité en situation réelle tout en ayant la possibilité de l'analyser plus précisément qu'en temps réel. Ceci permet une analyse par plusieurs experts et la possibilité de réaliser des autoconfrontations de façon à accéder aux stratégies de prise d'information et à leur intégration.

IX.3.1.2. Notes sur les faits marquants et les commentaires des entraîneurs

Durant chaque simulation, deux experts FH notaient les faits marquants concernant l'activité de l'équipe, les commentaires des entraîneurs et du commandant, les problèmes techniques éventuels. Ceci permettait de faciliter et d'orienter l'entretien d'autoconfrontation et de contrôler les variables « imprévues » qui pourraient s'avérer utiles pour le traitement et l'analyse des données.

IX.3.1.3. Prise de notes pendant les débriefings techniques

Nous avons assisté aux débriefings techniques suivant les sessions de simulation qui étaient menés par les entraîneurs. D'une durée d'environ 20 minutes, ils nous ont permis de mieux comprendre l'activité de l'équipe et d'orienter l'entretien d'autoconfrontation sur des passages intéressants pour notre problématique.

IX.3.2. Entretiens post-activité

Suite au débriefing, un entretien en autoconfrontation d'une heure a été mené avec le chef d'équipe (MDC). Cet entretien consiste à revenir sur l'enregistrement vidéo de phases précises de l'activité de façon à faire verbaliser par le chef d'équipe ses stratégies de prise d'information et ses comportements lors de la simulation (selon la méthodologie présentée dans Bourgeon et al., 2019). Le sujet est assis face à un ordinateur sur lequel est présentée la vidéo de son activité pendant la séance de simulation. Il a la possibilité de mettre la vidéo en pause à tout moment et de commenter ses comportements ainsi que ceux des autres avec un intérêt particulier pour les informations dont il a besoin pour réaliser son activité.

Les contraintes opérationnelles ne nous ont pas permis de traiter la totalité de la phase d'activité qui nous intéresse lors des entretiens en autoconfrontation, ne permet pas d'analyse systématique. Ces données seront cependant utilisées pour enrichir l'analyse de l'activité et l'interprétation des résultats des études 2 et 3.

IX.4. Méthodes de traitement des données

IX.4.1. Traitement des données verbales simultanées

Les enregistrements obtenus par les caméras fixées dans le simulateur et les micros-cravates placés sur les opérateurs nous ont permis de récupérer tous les échanges verbaux, ainsi que d'identifier les locuteurs et les destinataires.

IX.4.1.1. Transcription

Les énoncés verbaux des opérateurs interagissant dans la simulation pendant la zone 2 ont été intégralement retranscrits.

Nous avons fait le choix de ne pas traiter les données gestuelles des opérateurs pour deux raisons principales :

- La faible luminosité du module rend difficile la communication non verbale ;

- La disposition des opérateurs de dos au chef d'équipe réduit la quantité de regards mutuels échangés entre ceux-ci.

IX.4.1.2. Découpage des protocoles verbaux en propositions / unités de sens

Les corpus verbaux obtenus par la transcription verbatim des enregistrements audio ont été découpés en propositions, qui représentent des unités minimales de sens, identifiées selon les principes de l'analyse propositionnelle prédicative (Ghiglione, Kekenbosch, & Landré, 1995; Van Dijk & Kintsch, 1983). Cela représente un total de 9383 propositions pour une moyenne de 626 propositions par équipe.

Les quelques rares communications avec les entraîneurs concernant la simulation ont été exclues (20 propositions/9383).

IX.4.1.3. Identification des locuteurs et destinataires

Les locuteurs et les destinataires ont été identifiés pour chaque unité de sens retranscrite. Cela englobe la communication verbale :

- Des opérateurs en situation d'entraînement : membres de l'équipe SP (MDC, TSP, Barreur), membres du commandement (Commandant, OCQ, ORSP), ainsi que le sondeur ;
- Des entraîneurs qui jouent le rôle des opérateurs en interaction avec l'équipe SP : la propulsion (PCP), les auxiliaires (AUX1 et AUX2), le rondier, l'instrumentiste.

Les rôles d'auxiliaire 1, d'auxiliaire 2, de rondier et d'instrumentiste ont été rassemblés en un seul rôle, que nous appellerons « auxiliaire ».

Dans le cas de communications multi-adressées (peu fréquentes), le chef de l'équipe destinataire était systématiquement identifié comme unique destinataire. Nous avons fait ce choix de ne pas prendre en compte le multi-adressage pour des raisons méthodologiques et contextuelles. La raison principale est que l'analyse des réseaux sociaux, qui constitue la méthode principale de l'étude 2 (Chapitre XI), est nettement plus complexe si l'on veut prendre en compte le multi-adressage dans les communications des équipes. Or, nous avions déjà fait le choix de complexifier les méthodes d'analyse des réseaux sociaux usuelles par la prise en compte de la pondération des interactions, qui est nécessaire pour répondre à notre problématique. De plus, l'analyse de l'activité menée dans l'étude 1 (Chapitre X) nous a permis de mettre en évidence une structure de communication prescrite qui respecte la voie hiérarchique militaire. Ceci implique que lorsqu'un membre du commandement s'adresse à l'équipe SP par exemple, le responsable de la prise en compte de cette information est le chef de cette équipe. Or, cette focalisation sur la place du chef d'équipe comme

charnière dans le transfert d'informations nous permet de répondre à notre problématique. Enfin, et comme nous l'avons mentionné précédemment, les énoncés dans lesquels le multi-adressage était manifeste ne correspondaient qu'à une proportion négligeable de la totalité des communications. Ces énoncés, correspondant à des annonces générales par voie d'interphone, ont été exclus des analyses.

IX.4.1.4. Mise au point sur le vocabulaire des différentes équipes

Afin de faciliter la lecture des trois études qui seront présentées dans les chapitres suivants, nous parlerons désormais d'équipe Central Sécurité-Plongée (Central-SP) pour désigner l'équipe étendue comprenant la totalité des rôles que nous avons présentés dans la section précédente (IX.4.1.3).

Nous appellerons **équipe Sécurité-Plongée-OCQ** (**SP-OCQ**) l'équipe réduite présente directement sur la plateforme, c'est-à-dire l'OCQ, le MDC, le TSP et le barreur.

Enfin, nous parlerons d'équipe Sécurité-Plongée (SP) pour désigner les trois opérateurs directement impliqués dans la conduite du sous-marin, c'est-à-dire le MDC, le TSP et le barreur.

Equipe Central-Sécurité-Plongée Equipe Sécurité-Plongée-OCQ Equipe Sécurité-Plongée OCO MDC **MDC MDC TSP TSP** BAR **TSP** BAR **BAR** ORSP AUX **PCP** SOND

Tableau 6. — Dénominations des équipes et opérateurs qui les composent

Le Tableau 6 synthétise les différents niveaux d'équipe que nous venons d'établir. Cette nomenclature n'est pas celle qui est utilisée par les opérateurs.

IX.4.2. Traitement des données verbales post-activité

Les entretiens post-activité ont été enregistrés à l'aide d'un micro et retranscrits de façon à être analysés. Ces entretiens n'ont pas pu être menés pour l'ensemble des équipes. Au total, 10 MDC sur les 15 équipes que nous avons étudiées ont subi cet entretien. Il ne nous est pas possible de diffuser les retranscriptions de ces entretiens pour des raisons de confidentialité.

IX.4.3. Statistiques

Deux types de tests statistiques seront utilisés pour traiter les résultats associés à nos questions de recherche.

Le premier, le test du Chi 2 de Pearson sera utilisé pour tester l'indépendance entre deux variables qualitatives dont les effectifs correspondent à des occurrences de comportement. Dans notre cas, cela correspond à un nombre d'énoncés verbaux, transmis ou reçus par un opérateur ou une équipe. Ce nombre d'énoncés sera toujours rapporté au nombre total d'énoncés transmis ou reçus par l'opérateur ou l'équipe étudiée, et ce de façon à rendre compte d'une proportion de la contribution des individus étudiés.

Le deuxième type de test statistique que nous utiliserons est l'ANOVA afin de comparer en fonction d'une variable catégorielle les moyennes des différentes métriques SNA telles que le nombre absolu de comportements observés pour un opérateur ou une équipe, ou bien sa variabilité.

Seront considérés comme significatifs les résultats pour lesquels p < 0.05. Concernant les figures nous utiliserons les symboles suivants : * p < 0.05; ** p < 0.01 et *** p < 0.001.

Chapitre X. ETUDE 1 : Analyse de l'activité de l'équipe Sécurité-Plongée en Z2

X.1. Objectifs

L'objectif de cette première étude est de décrire l'activité des membres de l'équipe SP durant la phase d'activité correspondant à la zone 2 du scénario. Elle est construite à partir d'observations réalisées lors de l'entraînement final des sous-mariniers préalable à un départ en mission. Nous présenterons dans un premier temps les résultats de l'analyse en contenu thématique des données verbales qui a permis d'identifier les tâches réalisées par les équipes. Nous décrirons les conditions d'atteinte des buts spécifiques à la zone 2. Cette analyse de tâches sera enrichie par une analyse de la dynamique de l'articulation des tâches réelles avec la gestion temporelle des problèmes. Dans un second temps, nous comparerons l'activité des équipes pendant cette phase d'activité, afin de constituer deux indices de performance liés à la conduite et à l'identification de problème.

X.2. Méthode de traitement des données

X.2.1. Description des conditions d'atteinte des objectifs de la zone 2

Bien que ce qui est étudié au travers des verbalisations corresponde à l'activité, nous avons choisi d'utiliser la dénomination tâche dans la mesure où nous identifions dans la communication verbale ce qui relève d'une tâche collective prescrite. Ces tâches ont été identifiées au préalable en se basant sur les objectifs fixés aux opérateurs par le roadbook du scénario. La description des tâches prescrites a été effectuée en se basant sur des entretiens avec les entraîneurs, sur l'analyse des tâches prescrites réalisée par l'IRBA préalablement à cette thèse, ainsi que sur l'étude de la documentation fournie aux équipes pour simuler la réalisation de la mission. La division de ces tâches en soustâches a été réalisée à partir des données verbales de façon à construire des catégories de tâches indépendantes les unes des autres. Nous nous sommes assurés que chaque tâche prescrite s'opérationnalisait dans la communication verbale de façon indépendante, c'est-à-dire qu'il n'était possible de rattacher un énoncé qu'à une unique tâche. Pour cela, nous avons parfois rassemblé les tâches dont l'accomplissement implique la réalisation d'actions ou le partage d'informations similaires. C'est le cas du maintien de l'immersion périscopique et de la réalisation de la pesée par exemple.

X.2.2. Identification des tâches sur la base d'une analyse de contenu systématisée

Nous avons choisi d'analyser l'activité au travers de la communication verbale. Cette méthode est adaptée aux caractéristiques du terrain étudié puisque ce type de communication constitue la modalité principale d'interaction, qu'elle s'établisse à proximité immédiate ou à distance.

L'inconvénient de cette méthode est de ne saisir que les tâches explicitées mais elle répond à notre problématique qui vise à comprendre comment les interactions structurent l'élaboration de la conscience collective de la situation. Nous nous intéressons plus à la dimension collective de l'activité en analysant ce qui est partagé dans la mesure où cette dimension est prépondérante dans les organisations *command and control*.

La méthodologie de recueil et de traitement des énoncés verbaux est décrite dans le Chapitre IX. Le corpus verbal correspond aux communications de tous les membres de l'équipe SP, ainsi que de leurs interlocuteurs. Un exemple de corpus codé est présenté en Annexe 14.

X.2.3. Représentation temporelle de l'articulation des tâches sur la base de chronogrammes d'activité

Pour rendre compte de l'enchaînement et de l'entrelacement des différentes tâches au cours du temps (les points qui nous intéressent ici), nous utiliserons des chronogrammes. Les chronogrammes sont construits sur la base de l'enchaînement des énoncés verbaux dans lesquels la tâche sous-jacente à l'énoncé est identifiée (cf. Figure 19). L'échelle temporelle n'est donc pas linéaire puisque les énoncés sont de taille identique, bien qu'ils représentent des évènements dont la durée varie. De plus, les silences ne sont pas représentés. L'intérêt de cette disposition est de mieux visualiser l'enchaînement des tâches traitées dans la communication verbale.

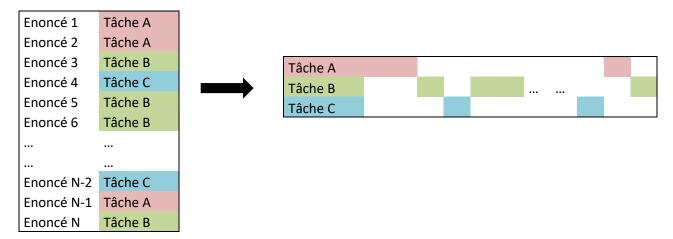


Figure 19. — Représentation schématique du principe de construction des chronogrammes

X.2.4. Construction d'un indicateur d'enchaînement des tâches sur la base de blocs de tâche

De façon à rattacher l'analyse des communications à l'activité, nous avons réfléchi à la façon d'identifier des *blocs de sous-tâches* dans la communication. L'objectif était de pouvoir rattacher l'analyse des processus cognitifs mobilisés dans les énoncés verbaux à des phases d'activité précises

pour lesquelles nous voulions identifier l'état de la conscience collective de la situation des membres de l'équipe.

Cette réflexion nous a conduits à penser qu'il n'était pas possible, dans les situations que nous observons, de statuer sur le début ou la fin d'un *bloc de sous tâche* qui correspondrait à l'état de la CS collective, dans la mesure où cette dernière se construit par le biais d'un processus itératif. Si nous prenons comme exemple le maintien de l'immersion périscopique, il n'est pas possible d'identifier une phase d'activité précise pendant laquelle cette tâche sera réalisée, du fait de la réalisation en parallèle de plusieurs tâches.

Nous analysons cette impossibilité de construction d'une méthode d'identification de phases précises d'élaboration de la CS comme un argument favorable à une vision itérative et dynamique du processus d'élaboration de la CS. En situation dynamique et complexe, la CS relative à une tâche évolue de telle façon qu'il n'est pas possible d'identifier une étape précise de mise à jour de la CS.

Suite à cette réflexion, nous avons gardé l'idée de blocs pour comprendre la hiérarchisation des tâches au travers de la communication verbale. Ces blocs de tâches ne représentent rien de précis en termes de contenu ou de processus cognitif, mais ils constituent un outil d'analyse de la gestion des tâches. Cela nous permet d'analyser les différences relatives à la gestion plus ou moins parallèle des tâches. On peut notamment savoir, en calculant la taille moyenne des blocs, si une équipe a réalisé une tâche tout en communiquant plusieurs fois consécutives à son propos, ou bien si ses communications verbales portaient de façon alternative et plus fréquente sur des tâches différentes. L'objectif est donc d'observer de façon indirecte, par le biais de l'enchaînement des énoncés verbaux, la hiérarchisation de réalisation des tâches en fonction des équipes. Pour répondre à cet objectif, nous avons créé un algorithme qui parcourt la totalité des énoncés produits par une équipe et qui identifie comme bloc de tâche tout enchaînement direct d'un ou plusieurs énoncés portant sur une même tâche (cf. Figure 20). Par exemple, lorsque 5 énoncés portant sur la tâche de pesée se suivent et sont suivis par 1 énoncé relatif à la gestion de la fuite d'air, l'enchaînement des énoncés portant sur la *pesée* est considéré comme un *bloc* de tâche relatif à la *pesée*. Les enchaînements sont ainsi catégorisés en blocs de taille minimale 1 (c'est le cas lorsqu'un énoncé portant sur une tâche est précédé et suivi par des énoncés relatifs à des tâches différentes), et ce jusqu'au dernier énoncé.

			Taille du <i>bloc</i> (en nombre d'énoncé)
Enoncé 1	Tâche A	Bloc n°1	2
Enoncé 2	Tâche A	BIOC II I	2
Enoncé 3	Tâche B	Bloc n°2	1
Enoncé 4	Tâche C	Bloc n°3	1
Enoncé 5	Tâche B	Bloc n°4	2
Enoncé 6	Tâche B	BIOC II 4	Z
Enoncé N-2	Tâche C	Bloc n°X-2	1
Enoncé N-1	Tâche A	Bloc n°X-1	1
Enoncé N	Tâche B	Bloc n°X	1

Figure 20. — Représentation schématique du principe de construction des blocs de tâche

X.3. Résultats

X.3.1. Description des conditions d'atteinte des buts spécifiques à la Z2 (tâches prescrites)

Cette section vise à décrire précisément les tâches prescrites que l'équipe SP doit effectuer pendant la Z2. L'analyse de tâche que nous avons effectuée nous a permis de décrire les conditions d'atteinte des objectifs de la Z2 ainsi que le rôle des opérateurs de l'équipe SP dans la réalisation de chaque tâche. Nous avons choisi de distinguer les tâches en deux catégories : les tâches impliquées dans la CONDUITE du sous-marin et les tâches qui impliquent une RESOLUTION DE PROBLEME.

X.3.1.1. Tâches relatives à la CONDUITE

GESTION DE LA PESEE ET DE L'IP. — Cette tâche représente un des objectifs principaux pour l'équipe SP en Z2. Elle rassemble en fait plusieurs sous-tâches, telles que l'atteinte et le maintien de l'IP (environ 16m), la mise en œuvre d'actions permettant la réalisation de la pesée telles que le pompage, les changements de vitesse, d'angles de barres et de cap afin de gérer l'immersion, ainsi que la recherche d'informations pour évaluer la qualité de la pesée.

La qualité de la pesée a un impact direct sur la réussite opérationnelle puisque qu'elle va conditionner la capacité à récupérer les commandos en Z4 rapidement, sachant que celle-ci s'effectue en zone hostile. Or, seule la Z2 permet au sous-marin de remonter à l'immersion périscopique et de se peser pour cette immersion spécifique qui sera l'immersion à laquelle les commandos pourront être récupérés. La réalisation de cette tâche se divise en deux sous-tâches :

- Le maintien de l'immersion à 16 m;
- La réduction de la vitesse à 1 nœud.

Les informations à prendre en compte par le MDC pour réaliser cette tâche sont la vitesse, l'assiette, l'immersion, les angles de barre, le ressenti du barreur, l'état des régleurs et le temps passé à pomper.

C'est le MDC qui est responsable de la tenue de l'immersion et de la réalisation de la pesée. Si la pesée n'est pas assez bonne pour tenir l'immersion, il demande à l'OCQ d'augmenter l'allure et le prévient dès que les actions correctrices sur la pesée permettent de réduire à nouveau l'allure.

Les informations relatives à l'immersion lui sont fournies par le barreur qui a pour objectifs de tenir l'immersion à 16m et d'informer le MDC de l'évolution de ses paramètres de conduite. A l'immersion périscopique, le barreur doit annoncer les écarts d'immersion mètre par mètre.

La pesée au début de l'immersion périscopique est sensiblement la même pour toutes les équipes puisqu'à la mer, il est demandé à l'équipe Sécurité-Plongée d'effectuer une pesée de référence à immersion profonde et à faible vitesse, dès la première prise de plongée. Le MDC doit connaître à tout instant la situation de la pesée par rapport à la pesée de référence. Des procédures strictes détaillent la marche à suivre en cas d'écart trop important de la pesée par rapport aux limites fixées par le commandant adjoint navire. En immersion, la pesée du bateau doit être ajustée de manière à rester à moins de 6T de la pesée théorique calculée afin de pouvoir réduire à tout moment la vitesse à 5 nœuds.

Les facteurs suivants influencent de façon plus ou moins importante la pesée :

- La vitesse du sous-marin ;
- L'immersion (plus elle est grande, plus le sous-marin s'alourdit du fait de la contraction de la coque et de la diminution de son volume que cela engendre);
- L'état de la mer;
- Le matériel stocké à bord ;
- Les vivres;
- La température et la densité de l'eau de mer ;
- Les capacités (caisses à eaux usées, caisse de barrage, caisse à saumure, etc.);
- Le gazole.

Les caisses de réglage sont utilisées pour corriger ces variations de poids ou de poussée du sousmarin. Ceci se fait à l'aide de pompes qui permettent des transferts d'eau entre la mer et les caisses de réglage. La gestion et la supervision des pompes est effectuée par le TSP qui applique les ordres du MDC et lui rend compte de l'évolution des paramètres. GESTION DU FOND DE MER. — Cette tâche a un rôle important dans le maintien de la sécurité du sous-marin. Elle nécessite d'effectuer régulièrement une actualisation des paramètres relatifs à l'état du fond de mer, tels que le fond sous la quille de garde, la tendance de l'évolution du fond (montée, stable, descente), la cohérence par rapport à ce qui est attendu sur zone. Ce dernier point est important pour le bon déroulement de la mission dans la mesure où c'est en partie grâce à l'état des fonds que l'OCQ peut se localiser par rapport à la carte du *roadbook*.

MISE A JOUR DES ELEMENTS DE SECURITE. — Les éléments de sécurité correspondent à l'ensemble des restrictions associées aux paramètres de conduite. Ces restrictions sont dictées par les procédures fixées dans la documentation opérationnelle. Il arrive cependant que le commandement soit contraint de passer outre ces procédures lorsqu'un enjeu de sécurité le nécessite. C'est le cas pendant la Z2, notamment pour ce qui est des immersions autorisées vis-à-vis du fond. Dans notre scénario, les éléments sont fixés en amont par décision du commandement et rappelés à l'équipe sécurité-plongée lors de mises à jour, notamment en début et en fin de Z2. Le MDC et le barreur doivent connaître à chaque instant la valeur de l'immersion refuge ainsi que le bord libre afin de réagir rapidement en cas de danger.

Parmi les éléments de sécurité importants pour l'activité en Z2, on peut citer les isobathes de garde et de sécurité, le bord libre, les immersions refuges, les diagrammes immersion-vitesse (DIV).

GESTION DE LA CHARGE EN AIR. — La charge en air fait partie des objectifs identifiés dans le plan de mission pour la Z2. Elle nécessite la mise à disposition des compresseurs et des collecteurs, la supervision de l'évolution de leur état, la mise en œuvre des actions permettant la charge en air, ainsi que la surveillance de l'évolution de la pression atmosphérique.

Effectuer la charge en air en début de mission permet d'anticiper le kioskage et l'arrivée en Z4, donc les entraîneurs attendent du MDC que cette tâche soit réalisée en zone 1 ou 2. La procédure prescrite dans notre scénario implique une première charge en air préalable à la zone 2, une seconde charge en air pendant l'IP et un arrêt lors de la redescente.

La charge en air est effectuée par le TSP sur ordre du MDC. Le rôle du TSP est de réaliser les actions sur son pupitre de façon à réaliser la charge en air, et de surveiller l'évolution des paramètres de pression de façon accrue pendant cette phase d'activité.

GESTION DES OBJECTIFS DU COMMANDEMENT. — Cette tâche rassemble toutes les actions et le transfert d'informations permettant au commandement d'assurer la sécurité du sous-marin et de prendre des décisions stratégiques concernant la mission. Cela comprend la mise à disposition des aériens de communication, les décisions relatives au cap à prendre, la prise de contact avec les

commandos, les décisions relatives aux procédures autorisées ou non, la réalisation de tours de sécurité avec le périscope et la réalisation d'un asséchement.

X.3.1.2. Tâches relatives à la RESOLUTION DE PROBLEME

GESTION DE LA FUITE D'AIR. — La fuite d'air est une avarie qui se déclenche pendant la Z2. Elle est simulée par l'augmentation progressive de la pression dans le bord.

La procédure prescrite dans le cas d'une fuite d'air est dans un premier temps de calculer le gradient de fuite afin d'anticiper l'évolution de la pression atmosphérique dans le sous-marin, et de la maintenir dans la limite acceptable jusqu'à la fin de la mission. La limite acceptable donnée généralement par le commandement se trouve à 1070mB. Compte tenu de son importance limitée dans le cas de notre scénario, l'avarie de fuite d'air peut être traitée en Z2 ou en Z3. La mission peut être réalisée avec la fuite d'air tant que les paramètres restent dans la limite fixée en amont par le commandement. Les contraintes de discrétion du sous-marin pendant la mission ne permettent pas de résoudre efficacement le problème de la fuite, puisque cela impliquerait la sortie d'un aérien de façon à effectuer un équilibrage entre l'air extérieur et intérieur avec le risque de se faire repérer. La décision relative à cette prise de risque incombe au commandement, qui pour certaines équipes a décidé de réaliser l'équilibrage malgré le risque.

Elle nécessite pour l'équipe SP de la détecter, de la localiser et de proposer des actions correctrices pour assurer le maintien du niveau de sécurité requis par le commandement concernant la pression atmosphérique dans le sous-marin.

Concernant le MDC, son rôle en situation nominale est de vérifier régulièrement la pression, avec une attention accrue lors d'une charge en air, de détecter une anomalie en cas de fuite et de calculer un gradient. Suite à cela, il lui est demandé d'investiguer l'origine de la fuite afin de fournir au commandement les informations nécessaires à une décision d'action correctrice. Il peut aussi décider d'effectuer une charge en air de façon à diminuer le gradient en l'attente d'une action plus complexe. Le MDC s'appuie principalement sur le TSP pour réaliser ces actions puisque le pupitre du TSP est le seul moyen d'interaction avec le réseau d'air sous pression.

Dans notre scénario, si la fuite n'est pas identifiée au bout de 7 minutes à l'IP, l'entraîneur annonce une pression atmosphérique qui augmente par le biais de l'opérateur PCP qu'il joue. Si la fuite n'est pas identifiée au bout de 10 minutes à l'IP, la fuite est annoncée.

GESTION DE L'AVARIE DE BYPASS. — L'avarie de bypass se déclenche aussi en Z2. Elle correspond au blocage d'une valve permettant les échanges d'eau entre un régleur et le reste du réseau. Pour

notre scénario, elle est simulée par l'impossibilité pour les opérateurs de pomper efficacement de l'eau dans le régleur pour l'évacuer.

Contrairement à l'avarie de fuite d'air pour laquelle un paramètre visible directement sur l'interface du TSP (pression atmosphérique) permet sa détection, l'avarie de bypass est difficile à détecter. Son indentification est rendue difficile par un compteur relatif à l'état de la pompe DM. Le dysfonctionnement de ce compteur ne permet pas aux opérateurs de l'équipe SP de visualiser de façon directe l'état de fonctionnement de la pompe. Ceci implique donc la mise en perspective des actions effectuées sur la pompe et de leurs conséquences potentielles sur la pesée du sous-marin afin de détecter une incohérence. Seul l'appel au rondier permet d'investiguer localement le problème de pompe. La subtilité tient au fait que l'absence d'efficacité des actions de pompage n'est pas due à un dysfonctionnement de la pompe mais à un problème au niveau du bypass (malgré le dysfonctionnement du compteur de pompe qui est indépendant au problème réel de pompage). L'identification est donc d'autant plus complexe que les paramètres de débit de la pompe sont normaux puisque cette dernière fonctionne.

Dans un cas comme celui-ci, il est attendu du MDC de prendre un chronomètre de façon à déterminer l'efficacité du pompage sur la tenue de l'immersion à petite vitesse, et de discuter avec son équipe de façon à adopter une conduite qui permet le maintien de l'IP qui est une priorité du commandement. Pour la gestion de cette avarie, le MDC est assisté par le TSP qui est en charge d'interagir avec les auxiliaires afin d'investiguer le problème de pompe.

Cette avarie nécessite donc pour l'équipe SP la détection du problème de pompage, le diagnostic sur l'origine du problème, la proposition d'actions à réaliser pour gérer l'avarie.

La procédure de résolution du problème attendue est le gonflage d'un régleur. Nous considérons que l'avarie est identifiée à partir du moment où le MDC annonce que la pompe est indisponible et qu'une procédure d'identification de l'origine du problème est engagée. L'avarie de bypass est présente depuis le début de la simulation mais c'est la réalisation de la pesée en Z2 qui permet de la mettre en évidence.

GESTION DE L'AVARIE DE TEMPERATURE D'HUILE. — L'augmentation problématique de la température d'huile est présente depuis la Z1 et revient régulièrement pendant la suite de la simulation. Elle est simulée dans notre scénario par l'activation d'un signal sur l'interface du TSP lui indiquant que la température est trop élevée.

Cette avarie nécessite pour l'équipe SP la détection de la température anormale, la réalisation d'un diagnostic concernant la cause du problème, la proposition d'actions correctrices visant à gérer le problème.

Il est attendu du MDC et de son équipe une surveillance de la température de la pompe, de tenter de trouver la cause, et d'augmenter la vitesse des pompes de façon à brasser l'huile et à limiter l'augmentation de température. Cette avarie n'a pas réellement d'impact sur l'atteinte des buts spécifiques à la Z2 mais elle peut devenir problématique à terme pour le maintien de l'intégrité du système de conduite du sous-marin. Il est donc nécessaire pour les opérateurs de prendre des décisions rapides fixées par la procédure afin d'être en mesure de traiter d'autres problèmes plus importants.

X.3.2. Identification des opérateurs impliqués dans la réalisation des tâches de CONDUITE et de RESOLUTION DE PROBLEME en Z2

Le Tableau 7 synthétise les tâches liées à la CONDUITE ainsi que les opérateurs qui ont été identifiés dans les énoncés associés à ces tâches.

Tableau 7. — Tableau synthétique des opérateurs ayant produit des énoncés portant sur chaque tâche liée à la CONDUITE

	MDC	TSP	BAR	OCQ	CDT	ORSP	SOND	PCP	AUX
GESTION DE LA PESEE ET DE L'IP									
GESTION DU FOND DE MER									
MISE A JOUR DES ELEMENTS DE SECURITE									
GESTION DE LA CHARGE EN AIR									
GESTION DES OBJECTIFS DU COMMANDEMENT									

Les opérateurs ayant des responsabilités de commandement sont impliqués dans la réalisation de toutes les tâches de CONDUITE (c'est le cas du MDC, du commandant et de l'OCQ). Le barreur et le TSP ont quant à eux des rôles spécifiques dans la réalisation des tâches relatives à la CONDUITE, ce qui est cohérent avec les tâches prescrites.

Le Tableau 8 synthétise les tâches qui s'inscrivent dans une RESOLUTION DE PROBLEME ainsi que les opérateurs qu'elles concernent.

Tableau 8. — Tableau synthétique des opérateurs ayant produit des énoncés portant sur chaque tâche liée à la RESOLUTION DE PROBLEME

	MDC	TSP	BAR	OCQ	CDT	ORSP	SOND	PCP	AUX
GESTION DE LA FUITE D'AIR									
GESTION DE L'AVARIE DE BYPASS									
GESTION DE L'AVARIE DE TEMPERATURE D'HUILE									

La majorité des opérateurs sont impliqués dans les tâches de RESOLUTION DE PROBLEME, à l'exception du barreur et du sondeur. Le barreur occupe néanmoins un rôle important dans l'identification de l'avarie de bypass puisque son ressenti concernant la tenue de l'immersion permet au MDC de comprendre qu'il y a un problème à ce niveau.

X.3.3. Description quantitative des tâches réalisées et des problèmes rencontrés en Z2

Dans cette section, nous nous intéressons à la proportion d'énoncés relatifs à chaque tâche, avec un intérêt particulier sur la répartition entre tâches de CONDUITE et de RESOLUTION DE PROBLEME.

X.3.3.1. Temps passé en Z2

Le tableau 9 présente le temps passé par chaque équipe en Z2. Le temps moyen est de 18 minutes et 5 secondes en Z2. On observe un écart maximal de plus de 10 minutes entre l'équipe ayant passé le moins de temps et l'équipe ayant passé le plus de temps. Cet écart important s'explique par les choix stratégiques du commandement qui décide de rester plus ou moins longtemps en Z2.

Tableau 9. — Temps passé par chaque équipe en Z2

Equipe	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	17	μ
Temps passé en Z2 (en min)	25	22	15	12	20	16	22	17	19	14	13	20	17	25	19	18

La décision concernant la durée de la Z2 est réalisée sur la base d'un compromis entre la qualité de gestion des avaries et de la pesée, et la contrainte temporelle relative à l'heure de rendez-vous avec les commandos. Les membres de l'équipe SP n'ont par conséquent qu'un impact indirect sur le temps passé en Z2, par une réalisation de la pesée et une résolution des problèmes plus ou moins rapide. Pour cette raison, dans la suite du document, les analyses que nous ferons sur les comportements seront exprimées en proportion ou en quantité normalisée en fonction du temps passé en Z2.

X.3.3.2. A quelle tâche se rapporte chaque énoncé verbal?

Le Tableau 10 rend compte de la proportion d'énoncés relatifs aux tâches prescrites identifiées et émises par chaque équipe.

On observe une différence significative de la proportion d'énoncés portant sur la GESTION DE LA PESEE ET DE L'IP par rapport aux autres tâches (*test de l'écart réduit*; $\epsilon = 84,87$; p < 0,001). Les énoncés relatifs à cette tâche représentent 42% de la totalité des énoncés de toutes les équipes.

La tâche de GESTION DE LA PESEE ET DE L'IP est globalement la plus représentée dans la communication verbale des équipes, à l'exception des équipes 4 et 12 qui ont respectivement plus communiqué sur les OBJECTIFS DU COMMANDEMENT et sur la GESTION DE LA FUITE D'AIR. Pour les autres équipes, les résultats sont néanmoins très hétérogènes avec une proportion des énoncés portant sur la GESTION DE LA PESEE ET DE L'IP qui varie entre 32% pour l'équipe 9 et 66% pour l'équipe 6. La plus faible proportion des énoncés relatifs à la GESTION DE LA PESEE ET DE L'IP ne s'accompagne pas nécessairement d'une proportion plus importante d'énoncés relatifs aux tâches d'IDENTIFICATION DE PROBLEME (cf. équipes 7 et 9).

Tableau 10. — Proportion d'énoncés relatifs à l'ensemble des tâches de la zone 2 pour chaque équipe (en %)

Les pourcentages sur fond bleu correspondent aux tâches de CONDUITE et ceux sur fond rouge aux tâches de RESOLUTION DE PROBLEME. (Voir résultats bruts en Annexe 2, cf. Tableau 29)

			CONDUITE	RESOLUTION DE PROBLEME				
	GESTION PESEE ET IP	MAJ ELEMENTS	OBJECTIFS DU COMMANDEMENT	CHARGE EN AIR	GESTION DES FONDS	AVARIE DE BYPASS	FUITE D'AIR	TEMPERATURE D'HUILE
EQ1	41	9	8	9	3	7	22	0
EQ2	36	4	9	12	1	18	8	12
EQ3	34	1	17	5	1	3	21	17
EQ4	22	8	24	16	1	10	20	0
EQ5	59	4	21	6	4	0	0	6
EQ6	66	6	10	4	8	0	0	7
EQ7	38	11	7	31	6	0	0	7
EQ8	43	5	15	14	9	8	0	5
EQ9	32	20	19	23	2	0	0	4
EQ10	34	22	11	12	2	13	0	4
EQ11	50	5	27	7	1	0	4	6
EQ12	24	6	16	9	1	0	43	1
EQ13	32	6	12	11	0	9	28	2
EQ14	53	3	36	0	2	0	0	7
EQ17	43	6	20	4	3	0	21	4

Lorsqu'elles sont identifiées, les tâches relatives à une résolution de problème telles que la GESTION DE LA FUITE D'AIR et la GESTION DE L'AVARIE DE BYPASS représentent une proportion relativement importante de la communication verbale (respectivement 20% et 10%).

Les équipes dont la proportion d'énoncés relatifs à la GESTION DE LA PESEE ET DE L'IP est la plus importante (équipes 5, 6 et 11) ne sont pas parvenues à identifier l'avarie de bypass. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que ne réussissant pas à se peser, la communication verbale de ces équipes s'est focalisée sur la tâche de GESTION DE LA PESEE ET DE L'IP qui posait une grosse difficulté à l'équipe, au détriment d'autres tâches.

Enfin on observe une grande variabilité dans la proportion d'énoncés relatifs à des tâches répondant aux OBJECTIFS DU COMMANDEMENT (prise de contact avec les commandos, gestion des menaces), avec plusieurs équipes qui y consacrent près du quart de leur communication verbale (cf. équipes 4, 5, 11 et 14).

X.3.3.3. Tâches de conduite vs. Tâches de résolution de problème

Le Tableau 11 présente la proportion d'énoncés émis par chaque équipe et portant sur une tâche de CONDUITE ou de RESOLUTION DE PROBLEME. On observe une répartition fortement hétérogène avec environ la moitié équipes pour lesquelles les tâches de RESOLUTION DE PROBLEME correspondent à plus d'un quart de la communication verbale (cf. équipes 1, 2, 3, 4, 12, 13 et 17) tandis que ces dernières représentent moins de 10% pour 5 autres équipes (cf. équipes 5, 6, 7, 9 et 14).

Tableau 11. — Proportion d'énoncés portant sur les tâches de CONDUITE et de RESOLUTION DE PROBLEME de chaque équipe (en %). (Voir résultats bruts en Annexe 2, cf. Tableau 30)

Equipe	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	17
Conduite	71	62	59	70	94	93	93	87	96	82	90	56	61	93	75
RESOLUTION DE PROBLEME	29	38	41	30	6	7	7	13	4	18	10	44	39	7	25

On peut se demander si le fait d'avoir identifié une avarie telle que le problème de bypass, qui mobilise des processus cognitifs complexes, a un impact sur la résolution des autres problèmes. Lorsqu'on regarde la proportion d'énoncés des équipes qui ont détecté l'avarie de bypass (Figure 21), on observe une proportion significativement plus importante d'énoncés relatifs aux autres avaries (χ^2 (ddl=1) = 362; p < 0.001).

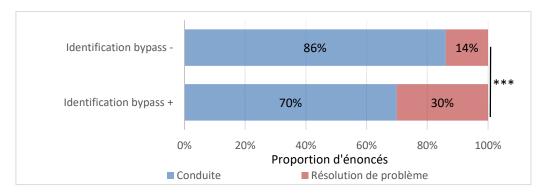


Figure 21. — Proportion d'énoncés portant sur les tâches de CONDUITE et de RESOLUTION DE PROBLEME (hors bypass) en fonction de la performance d'identification du problème d'avarie de bypass.

(Voir résultats bruts en Annexe 3, cf. Tableau 31) (*=p < 0.05; **=p < 0.01; ***=p < 0.001)

La détection de l'AVARIE DE BYPASS par une équipe est donc liée à une représentation plus importante de communication relative à la GESTION DE LA FUITE D'AIR et à la GESTION DE L'AVARIE DE TEMPERATURE D'HUILE.

X.3.4. Constitution d'un indice performance relatif à la CONDUITE et à l'IDENTIFICATION DE PROBLEME

X.3.4.1. Réflexion sur le choix des variables de catégorisation des équipes en fonction de leur gestion de la CONDUITE et de leur IDENTIFICATION D'UN PROBLEME

Les observations que nous avons pu réaliser ainsi que les entretiens avec les entraîneurs nous ont montré que la performance opérationnelle lors de cette mission à fort enjeu temporel dépend principalement de la façon avec laquelle les équipes font face aux problèmes qu'ils rencontrent tout au long du scénario. Du fait de la complexité du type de mission étudié dans notre cas, il n'est cependant pas possible de déterminer un seul critère permettant d'évaluer la réussite opérationnelle. Cette réussite dépend d'un nombre important de facteurs influencés par l'ensemble des paramètres de l'activité des opérateurs, à différents niveaux de l'organisation, depuis les décisions du commandement jusqu'à leur opérationnalisation par les équipes en charge du contrôle du système.

Par conséquent, notre démarche vise à identifier dans la phase d'activité spécifique que nous étudions (la zone 2), des observables issus de l'activité qui nous renseignent sur la façon dont les équipes s'adaptent aux contraintes de la situation dans leur poursuite des objectifs opérationnels. Nous ne sommes pas en mesure d'évaluer la pertinence individuelle de chacune des décisions réalisées par l'équipe, du fait que ces décisions s'inscrivent dans des stratégies complexes de gestion de la situation qui ne peuvent être jugées qu'a posteriori, au regard de la réussite ou non de la mission.

Suite à ce constat, il nous est néanmoins paru intéressant de catégoriser les équipes en fonction des observables que nous pouvons relier aux objectifs fixés pour la Z2, que nous pouvions identifier au travers des communications verbales.

Nous avons ainsi été capables de catégoriser les équipes selon deux variables de performance à partir de l'analyse du corpus verbal et du codage des tâches, chacune relative à une catégorie de tâche identifiée précédemment (§ X.3.1). La première variable concerne la CONDUITE du sous-marin et la seconde l'IDENTIFICATION DE PROBLEME.

X.3.4.2. Variable de performance relative à la CONDUITE : le maintien de l'immersion périscopique

Comme nous venons de l'expliquer, la réalisation de la pesée représente l'objectif principal fixé par le commandement du fait qu'elle conditionne directement la réussite opérationnelle. Il n'est pas possible d'évaluer objectivement la qualité de la pesée du fait que c'est un concept qui n'est pas représenté par un paramètre mesurable. Cependant, la réalisation de la pesée à 16m ne peut se faire qu'à l'immersion périscopique et implique donc le maintien de cette immersion tout au long de la zone 2. En outre, la tenue de l'immersion est identifiée comme l'un des principaux objectifs opérationnels de la zone 2 dans le *roadbook* de la mission du fait qu'elle permet aussi la prise de contact avec les commandos. Pour rappel, l'immersion périscopique correspond à une immersion approximative du sous-marin entre 15m et 19m.

Nous avons par conséquent choisi de catégoriser les équipes selon qu'elles ont maintenu ou non l'immersion périscopique durant la totalité de la zone 2. Du fait que l'OCQ annonce systématiquement la perte de l'immersion, il était aisé de distinguer les équipes ayant tenu l'immersion périscopique pendant la totalité de la zone 2 de celles qui ne l'ont pas tenue (cf. Tableau 12).

Tableau 12. — Tableau récapitulatif des équipes ayant réussi ou non à tenir l'immersion périscopique en zone 2. (Voir résultats détaillés en Annexe 3, cf. Tableau 32)

	Maintien de l'immersion périscopique	Perte de l'immersion périscopique
Fauinas	EQ3, EQ4, EQ7, EQ8,	EQ1, EQ2, EQ5, EQ6,
Equipes	EQ9, EQ10, EQ12, EQ17	EQ11, EQ13, EQ14
Nombre d'équipes	8	7

Il est important de préciser que plusieurs raisons peuvent expliquer le fait que certaines équipes aient plongé sous l'immersion périscopique. En effet, le maintien de l'IP permet de répondre à plusieurs objectifs opérationnels liés à la Z2. Cela permet la prise de contact avec les commandos

et la réalisation de manœuvres qui ne sont possibles qu'à cette immersion spécifique, telles que la pesée à 16m et l'équilibrage de la pression atmosphérique dans le bord avec la pression atmosphérique extérieure. L'équipe Central-SP réalise donc un compromis dans la poursuite de chacun de ces objectifs. Or, le problème de bypass qui survient au début de la zone 2 ne permet pas à l'équipe SP de se peser efficacement, et a pour conséquence de faire couler le sous-marin à petite vitesse. Ce n'est donc qu'en réduisant la vitesse que l'équipe SP peut évaluer la qualité de la pesée du sous-marin à 16m, et ainsi se préparer à la récupération des commandos en Z4. Les membres de l'équipe Central-SP sont donc confrontés à un compromis entre d'une part, le maintien de l'immersion périscopique et d'autre part, la réduction de la vitesse nécessaire pour évaluer la qualité de la pesée.

Un compromis efficace dans notre scénario revient pour l'équipe Central-SP à accepter de couler assez pour se rendre compte qu'il y a un problème avec la pesée (induit par l'avarie de bypass), sans perdre pour autant l'immersion périscopique.

La nuance est cependant importante lorsque l'on parle de performance de CONDUITE puisque le maintien de l'immersion périscopique ne suffit pas à assurer la réussite opérationnelle. A l'inverse, la perte de l'immersion périscopique ne se traduit pas forcément par l'échec de la mission, mais rajoute une contrainte à gérer puisqu'elle implique l'impossibilité de réaliser la pesée ainsi que les autres tâches à réaliser en Z2.

X.3.4.3. Variable de performance relative à l'IDENTIFICATION D'UN PROBLEME : l'avarie de bypass

Comme présenté dans la partie méthodologique, l'intérêt de notre scénario porte sur le compromis que les opérateurs doivent faire puisqu'ils ne peuvent pas résoudre complètement les problèmes qu'ils rencontrent mais seulement en limiter l'impact sur le bon déroulement de la mission.

Durant la Z2 du scénario, les équipes sont confrontées à trois avaries, à savoir l'avarie de température d'huile, la fuite d'air ainsi que l'avarie de bypass. Nous l'avons vu, seule l'avarie de bypass contraint de façon directe la possibilité pour les opérateurs d'effectuer une pesée suffisante pour tenir l'immersion périscopique à petite vitesse, qui représente l'objectif principal pour l'équipe SP en Z2 du fait de son importance pour la réussite de la mission.

De ce fait, nous avons logiquement choisi de catégoriser les équipes en fonction de la gestion de cette avarie. L'évaluation de la qualité de gestion de ce problème n'étant pas possible pour les raisons que nous avons évoquées précédemment (§ X.3.4.1), nous avons choisi comme variable observable l'identification du problème de **bypass**.

Cela nous paraît être une variable particulièrement intéressante pour l'étude de la CS collective du fait que la détection de cette avarie ne peut être réalisée que suite à une réflexion collective mobilisant des processus cognitifs complexes de la part des membres de l'équipe, et plus particulièrement du MDC. Ce processus d'identification du problème s'appuie sur un travail collectif de transfert d'informations au sein de l'équipe SP, de façon à fournir au MDC les éléments suffisants pour soupçonner la présence d'un dysfonctionnement dans le système.

A partir de l'identification des tâches pour chaque énoncé, nous avons pu distinguer deux groupes parmi les équipes : celles qui ont identifié l'avarie de bypass et celles qui n'y sont pas parvenu (cf. Tableau 13).

Tableau 13. — Tableau récapitulatif des équipes ayant détecté ou non l'avarie de bypass en zone 2

	Détection de l'avarie de bypass	Absence de détection de l'avarie de bypass
Equipes	EQ1, EQ2, EQ3, EQ4,	EQ5, EQ6, EQ7, EQ9,
Equipes	EQ8, EQ10, EQ13	EQ11, EQ12, EQ14, EQ17
Nombre d'équipes	7	8

La variable de performance relative à l'identification de l'avarie de bypass ne constitue pas un indicateur de la réussite opérationnelle. Cependant, l'identification par l'équipe SP de l'avarie de bypass lui permet d'anticiper la Z4 avec une meilleure représentation de l'état du système, ainsi que des possibilités d'actions. Cela permet ainsi au commandement de fonder ses décisions sur une représentation plus précise et de ne pas découvrir plus tard qu'une avarie les contraint à récupérer les commandos dans des conditions non optimales.

X.3.5. Analyse de la gestion des tâches en fonction de la performance de maintien de l'immersion périscopique

Dans cette section nous analysons la proportion d'énoncés relatifs à chaque tâche en fonction du maintien de l'IP. L'objectif est d'investiguer le lien entre la communication relative à chaque tâche et la capacité à maintenir l'IP tout au long de la Z2.

On observe une différence significative dans la proportion d'énoncés pour chaque tâche en fonction du maintien de l'IP, sauf pour la tâche de GESTION DES FONDS et la GESTION DE LA TEMPERATURE D'HUILE (cf. Figure 22).

Les équipes n'ayant pas maintenu l'IP ont communiqué proportionnellement plus sur la GESTION DE LA PESEE ET DE L'IP (χ^2 (ddl=1) =174,54 ; p<0 ,001). On peut interpréter cela par le fait que, ne parvenant pas à maintenir l'IP, la communication de ces équipes s'est focalisée sur les paramètres de pesée afin d'identifier le problème. Ces équipes ont par ailleurs plus communiqué sur la L'AVARIE

DE BYPASS, qui est la cause de la perte de l'IP malgré le pompage (χ^2 (ddl=1) =7,70 ; p<0 ,01). Il semblerait donc que l'identification de l'avarie de bypass n'assure pas le maintien de l'IP durant la totalité de la Z2, probablement parce que le moment d'identification de l'avarie est déterminant. En effet, il est possible que le problème de bypass ait été identifié suite à la perte de l'IP, ce qui expliquerait ce résultat. Les équipes n'ayant pas maintenu l'IP ont aussi communiqué proportionnellement plus sur les OBJECTIFS DU COMMANDEMENT qui consistent souvent en un rappel de la tâche à effectuer, c'est-à-dire la pesée (χ^2 (ddl=1) =8,27 ; p<0 ,01).

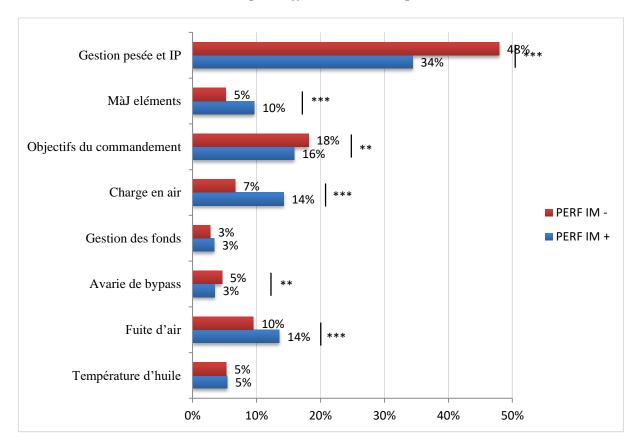


Figure 22. — Répartition des énoncés relatifs à chaque tâche en fonction de la performance de CONDUITE. Tenue IP - : équipes n'ayant pas réussi à maintenir l'IP ; Tenue IP + : équipes ayant réussi à maintenir l'IP (* = p < 0,005; *** = p < 0,001; **** = p < 0,001) (Voir résultats bruts en Annexe 3, cf. Tableau 33)

Les équipes qui ont maintenu l'IP tout au long de la zone 2 ont quant à elles plus communiqué sur la MISE A JOUR DES ELEMENTS DE SECURITE (χ^2 (ddl=1) = 68,76 ; p<0,001), sur la CHARGE EN AIR (χ^2 (ddl=1) = 144,8 ; p<0,001), ainsi que sur la FUITE D'AIR (χ^2 (ddl=1) = 38 ; p<0,001). Nous faisons l'hypothèse qu'une gestion plus adaptée de la pesée a permis à ces équipes de gérer un problème supplémentaire (i.e. la fuite d'air) et de mettre plus fréquemment à jour les éléments de sécurité. Il n'est pas possible à ce stade d'interpréter plus en détail ce qui a permis à ces équipes de gérer de

façon plus performante le maintien de l'IP. Mais nous observons néanmoins que cela permet une gestion plus importante de l'avarie de fuite d'air.

X.3.6. Analyse de l'articulation des tâches au cours de la Z2

Cette section vise à décrire la gestion temporelle de chaque tâche par les équipes. Cette description s'appuie sur une analyse qualitative de chronogrammes d'activité construits à partir des tâches identifiées dans les énoncés verbaux. Cette analyse sera objectivée par une métrique que nous avons construite pour rendre compte de la dynamique de gestion des tâches.

X.3.6.1. Stratégies de gestion des tâches

Les chronogrammes nous montrent tout d'abord que toutes les tâches ne sont pas gérées de la même façon (voir Annexe 4). On observe pour toutes les équipes au travers de leur communication verbale une gestion parallèle de plusieurs tâches tout au long de la phase d'activité. La GESTION DE LA PESEE ET DE L'IP est la tâche la plus fréquemment représentée dans les énoncés et ce tout au long de la phase d'activité.

Si l'on s'intéresse aux tâches de CONDUITE, on peut voir que certaines tâches telles que la GESTION DE LA PESEE ET DE L'IP ainsi que la GESTION DES OBJECTIFS DU COMMANDEMENT sont représentées de façon continue tout au long de la phase d'activité dans les communications verbales. D'autres, telles que la GESTION DES FONDS et la MISE A JOUR DES ELEMENTS DE SECURITE représentent des phases brèves et régulières, bien que la fréquence à laquelle ces deux tâches sont représentées dans les énoncés soit très variable.

On observe une GESTION DE LA CHARGE EN AIR très différente en fonction des équipes. La majorité des équipes entament la charge en air dès le début de la zone 2, c'est-à-dire peu de temps après la reprise de vue. Certaines ne communiquent ensuite plus sur cette tâche, ce qui peut s'interpréter par le fait qu'ils ont effectué la charge en air dans sa totalité, tandis que d'autres en parlent jusqu'à la fin de la zone 2. L'équipe 14 fait exception puisqu'elle n'a pas communiqué sur cette tâche.

Concernant les tâches de RESOLUTION DE PROBLEME, on observe que relativement peu d'équipes ont traité toutes les avaries (3 équipes sur les 15). Parmi les équipes qui ont traité au moins deux avaries, on observe pour certaines une hiérarchisation temporelle des tâches (équipes 2, 8, 10, 11, 14) (cf. Figure 70, Figure 76, Figure 78, Figure 79, Figure 24) tandis que d'autres ont traité ces problèmes de façon parallèle (équipes 1, 3, 4, 12, 13, 17) (cf. Figure 69, Figure 71, Figure 72, Figure 80, Figure 23, Figure 81).

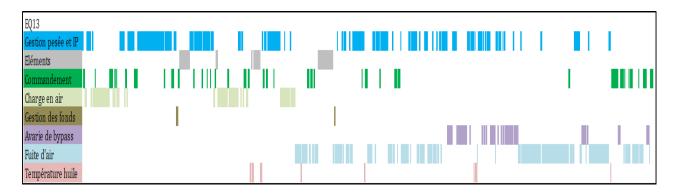


Figure 23 — Chronogramme d'activité de l'équipe 13

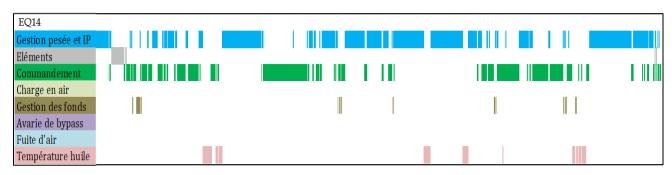


Figure 24 — Chronogramme d'activité de l'équipe 14

X.3.6.2. Dynamique de gestion des tâches

L'analyse des *blocs de tâche* est complémentaire à l'analyse qualitative des chronogrammes. Elle permet d'explorer plus en détail l'articulation des tâches tout au long de la zone 2 et d'objectiver les observations que l'on peut faire à partir des chronogrammes. La taille moyenne et la variance des *blocs de tâche* confirment l'importante hétérogénéité que nous observions dans la section précédente quant à la façon dont communiquent les équipes (cf. Tableau 14).

Tableau 14. — Moyenne et variance de la taille des blocs de tâche par équipe (en nombre d'énoncés)

	EQ1	EQ2	EQ3	EQ4	EQ5	EQ6	EQ7	EQ8	EQ9	EQ10	EQ11	EQ12	EQ13	EQ14	EQ17
Taille moyenne des blocs	5,4	3,4	3,4	3,3	3,3	4,1	4,5	2,6	3,6	2,9	2,8	4,7	3,8	6,1	3,9
Variance de la taille des blocs	8,1	5,1	3,6	5,1	6,4	6,5	7,7	2,8	5,1	3,0	3,1	8,3	4,7	11,1	5,5

La taille moyenne des *blocs de tâche* varie du simple au double, entre l'équipe 8 (2,6 énoncés) et l'équipe 14 (6,1 énoncés). Si l'on prend l'exemple de ces deux résultats extrêmes, la variance faible pour l'équipe 8 (2,8) et importante pour l'équipe 14 (11,1) révèle de fortes disparités entre stratégies de gestion des tâches.

La petite taille des blocs de l'équipe 8, associée à une variance peu élevée, s'interprète par une communication en parallèle sur plusieurs tâches, avec un entrelacement étroit dans l'enchaînement de ces tâches. Cela confirme le rendu visuel du chronogramme de cette même équipe, où l'on note des épisodes courts de communication relatifs à plusieurs tâches. On retrouve le même profil de gestion des tâches pour les équipes 3, 10 et 11. Il est intéressant de noter que ces équipes ont toutes été engagées dans deux ou trois tâches de RESOLUTION DE PROBLEME. Cette gestion parallèle des problèmes tout au long de la zone 2 est observable sur les chronogrammes.

A l'inverse, la taille moyenne plus importante des *blocs de tâche* et la variance plus élevée de l'équipe 14 montrent une communication moins diversifiée en termes de nombre de tâches traitées, ainsi que des épisodes plus longs relatifs à une tâche précise. L'activité de cette équipe a principalement consisté en la GESTION DE LA PESEE ET DE L'IP ainsi que des *OBJECTIFS DU COMMANDEMENT*.

Concernant une gestion plus indépendante des tâches avec des épisodes spécifiques à la gestion d'une seule tâche, on retrouve un profil relativement similaire pour les équipes 1, 2, 5, 6, 7 et 12. Excepté pour les équipes 2 et 12, ces épisodes de gestion spécifique d'une tâche concernent systématiquement la GESTION DE LA PESEE ET DE L'IP, ce qui se confirme par la taille plus importante des blocs relatifs à cette tâche pour ces équipes (Tableau 15). Pour les équipes 2 et 12, la taille des blocs la plus importante concerne la GESTION DE LA FUITE D'AIR. La GESTION DE LA FUITE D'AIR est néanmoins très différente entre ces deux équipes. Pour l'équipe 12, la GESTION DE LA FUITE D'AIR a constitué la majeure partie de la communication de ces équipes pendant la zone 2 (Tableau 10), avec de longs épisodes de gestion de ce problème pour la deuxième moitié de la zone 2. Pour l'équipe 2, l'écart de moyenne de taille de bloc avec les autres tâches s'explique par un épisode unique de gestion de l'avarie de fuite d'air en toute fin de zone 2.

Tableau 15. — Taille moyenne des blocs pour chaque tâche et pour chaque équipe (en nombre d'énoncés)

Les résultats sur fond bleu correspondent aux tâches de CONDUITE et ceux sur fond rouge aux tâches de

RESOLUTION DE PROBLEME

			RESOLUTION DE PROBLEME					
	GESTION PESEE ET IP	MAJ ELEMENTS	OBJECTIFS DU COMMANDEMENT	CHARGE EN AIR	GESTION DES FONDS	AVARIE DE BYPASS	FUITE D'AIR	TEMPERATURE D'HUILE
EQ1	6,0	6,7	2,8	4,9	1,9	3,6	11,3	-
EQ2	4,1	4,0	1,5	3,6	1,5	6,7	22,5	3,5
EQ3	4,2	1,8	2,0	3,0	1,8	5,7	4,2	4,0
EQ4	3,3	6,0	2,2	4,6	1,0	2,6	5,6	-
EQ5	5,6	1,9	2,1	1,9	1,8	-	-	2,4
EQ6	6,3	2,7	1,8	1,7	2,4	-	-	6,7
EQ7	5,9	6,1	2,2	6,8	1,6	-	-	2,7
EQ8	3,4	4,4	2,1	2,3	1,8	2,5	-	2,0
EQ9	3,1	4,6	2,5	4,8	2,5	-	-	5,0
EQ10	3,2	2,9	1,9	4,6	1,6	2,8	-	3,6
EQ11	3,8	2,2	2,4	2,1	1,2	-	3,0	2,1
EQ12	3,4	7,8	2,3	5,2	3,0	-	9,2	9,0
EQ13	3,8	8,2	2,1	4,2	1,5	3,9	5,0	1,5
EQ14	8,3	6,3	5,0	-	1,7	-	-	5,3
EQ17	4,2	3,7	2,6	4,0	1,8	-	6,7	3,5

Les équipes 4, 9, 13 et 17 ont des profils de gestion des tâches plus homogènes, avec des tailles de blocs de tâche relativement similaires. Ceci s'interprète par une gestion en parallèle de plusieurs tâches, et par l'absence d'une phase pendant laquelle tous les membres de l'équipe communiquent sans interruption sur une tâche.

X.4. Discussion

X.4.1. Le rôle central du MDC dans la gestion collective des tâches de CONDUITE et de RESOLUTION DE PROBLEME

L'analyse de l'activité l'équipe SP nous a permis de décrire précisément les tâches prescrites que les opérateurs doivent effectuer pendant la zone 2. Nous avons identifié deux catégories de tâches en distinguant celles impliquées dans la CONDUITE du sous-marin, de celles nécessitant une RESOLUTION DE PROBLEME. De plus, le rôle central du MDC dans la synthèse d'informations a été mis en évidence. La synthèse que le MDC réalise à partir d'informations de nature et de sources diverses a une importance particulière dans la pertinence des décisions du commandement. Cela

souligne la nécessité de comprendre quelles sont les ressources disponibles pour le MDC pour réaliser cette synthèse et la partager avec ses coéquipiers.

L'identification des opérateurs impliqués dans la réalisation de ces tâches pendant l'activité a montré que les opérateurs occupant un poste de commandement sont impliqués dans la totalité des tâches de CONDUITE. La totalité des opérateurs à l'exception du barreur et du sondeur sont impliqués dans les tâches de RESOLUTION DE PROBLEME. Ceci confirme l'intérêt de focaliser notre étude sur l'équipe dans sa totalité du fait de l'importante distribution des tâches et des informations.

L'analyse quantitative des tâches soutenues par la communication montre une prédominance de la GESTION DE LA PESEE ET DE L'IP. Plus globalement, les tâches de CONDUITE représentent une grande majorité de la communication verbale en zone 2. Il existe néanmoins des différences entre les équipes dans la proportion de l'activité verbale dédiée à la RESOLUTION DE PROBLEME. Nous avons pu mettre en évidence un lien significatif entre le fait d'avoir identifié L'AVARIE DE BYPASS, et la proportion d'énoncés portant sur la gestion d'autres avaries (FUITE D'AIR et TEMPERATURE D'HUILE).

En d'autres termes, les équipes ayant identifié un problème communiquent plus sur d'autres problèmes aussi. Ceci nous conduit à penser que les équipes adoptent des stratégies de gestion des tâches différentes en réalisant un compromis entre la gestion de la CONDUITE et la RESOLUTION DE PROBLEME. Une analyse fine des processus interactionnels et cognitifs permettant aux opérateurs de réaliser ce compromis sera réalisée dans les études suivantes (Chapitre XI et 0).

X.4.2. Réalisation de la pesée : une tâche importante dans la réussite opérationnelle

Afin d'effectuer cette analyse, nous avons choisi des variables rendant compte de l'activité des équipes en Z2 qui sont spécifiques à chacune des deux catégories de tâches. Etant donné l'importance cruciale de la réalisation de la pesée, nous avons choisi de baser nos variables catégorielles sur les conditions d'atteinte de cet objectif opérationnel. La performance de CONDUITE rend compte de la tenue de l'immersion périscopique sur l'ensemble de la zone 2, nécessaire à la réalisation de la pesée à l'immersion requise. La performance d'identification de problème se base sur l'identification de l'avarie de bypass, elle aussi fortement impliquée dans la réalisation de la pesée. La limite principale de nos indices de performance se résume à ce choix de n'évaluer qu'une tâche précise sur l'ensemble de l'activité de la zone 2. Ce choix est néanmoins nécessaire de façon à ancrer l'étude du comportement des membres de l'équipe dans leur activité, ce qui offre à nos yeux une assise plus importante à l'analyse. Une autre limite relative à ces indices de performance porte sur la difficulté pour les entraîneurs de simuler des avaries de façon systématique du fait de l'interdépendance des paramètres de la situation qui évoluent et sont différents pour chaque équipe.

Les entraîneurs ont tenté de contrôler du mieux que possible ce biais par la manipulation de variables permettant de simuler des situations relativement comparables pour toutes les équipes malgré une évolution variable des paramètres.

X.4.3. L'importance du compromis entre réalisation optimale de la pesée et maintien de l'immersion périscopique

Nous avons ainsi été capables de comparer les stratégies de gestion des tâches en fonction de la performance de maintien de l'IP. Les résultats montrent des différences significatives dans la gestion des tâches en fonction du maintien ou non de l'IP.

Les équipes n'ayant pas maintenu l'IP ont communiqué plus fréquemment sur GESTION DE LA PESEE ET DE L'IP, sur L'AVARIE DE BYPASS, ainsi que sur les OBJECTIFS DU COMMANDEMENT. Ces tâches étant directement liées à la réalisation de la pesée, cela montre qu'il s'établit une communication accrue sur les tâches qui présentent une difficulté pour les équipes. Il n'est pas possible de connaître précisément le sens de ce lien, c'est-à-dire si la focalisation des ressources verbales d'une équipe sur une tâche a été néfaste à la performance ou si la difficulté à effectuer une tâche est à l'origine d'une focalisation des ressources verbales. Dans le cas de la pesée, les contraintes techniques et opérationnelles rencontrées par les équipes en zone 2 ne leur permettent pas de réaliser une pesée optimale. La perte de l'immersion découle donc d'un compromis dans la gestion de l'immersion et de la vitesse, qui conditionnera la possibilité de réaliser une pesée de qualité. Notre hypothèse relative au sens du lien entre caractéristiques de la communication verbale et performance collective pencherait donc plus dans le sens d'un ajustement du comportement verbal collectif aux contraintes de la situation. Dans notre cas, nous faisons l'hypothèse que la gestion difficile du maintien de l'immersion périscopique a pour conséquence de centrer la communication de l'équipe sur la réalisation de la pesée. Notre connaissance du scénario nous conduit à penser que la focalisation sur un problème au détriment des autres dans une phase précoce de la mission, malgré le fait que ces derniers soient négligeables dans l'immédiat, peut s'avérer problématique si les problèmes s'accumulent. Le risque pour les opérateurs de se retrouver en situation de dépassement de ressources cognitives en fin de mission est alors non négligeable.

Les équipes ayant maintenu l'IP ont communiqué plus fréquemment sur la MISE A JOUR DES ELEMENTS DE SECURITE, sur la CHARGE EN AIR, ainsi que sur la FUITE D'AIR. Ces équipes ont adopté une stratégie de gestion des tâches leur permettant de mobiliser leurs ressources verbales dans la réalisation de plusieurs tâches sans se focaliser sur l'une d'entre elles. Il sera intéressant de

déterminer si cette stratégie de gestion des tâches s'accompagne de processus interactionnels et cognitifs spécifiques permettant cette flexibilité.

X.4.4. Des stratégies de gestion temporelle des tâches variables en fonction des équipes

De façon à examiner plus en détail les stratégies de gestion des tâches, et notamment cette simultanéité que nous venons d'évoquer, des chronogrammes d'activité ont été construits sur la base des tâches identifiées dans la communication verbale. Ceci nous a permis de confirmer la gestion par les membres de l'équipe SP d'un nombre important de tâches impliquées dans la CONDUITE et la RESOLUTION DE PROBLEME tout au long de la zone 2. Face à cette complexité, les stratégies adoptées par les équipes diffèrent dans la gestion temporelle des tâches, avec une hiérarchisation en fonction de ce qui leur semble être prioritaire de traiter. Cette priorisation implique pour les équipes une gestion plus ou moins parallèle des tâches.

Nous avons identifié trois grandes stratégies de gestion des tâches par les équipes. La première se caractérise par une communication en parallèle sur plusieurs tâches, avec un enchainement rapide entre ces tâches. La deuxième présente une communication moins diversifiée en termes de nombre de tâches traitées, ainsi que des épisodes plus longs relatifs à une tâche précise. La troisième et dernière stratégie est plus hétérogène et présente une combinaison des caractéristiques des deux premières stratégies. On y observe une alternance entre des phases de communication pendant lesquelles les tâches s'enchainent rapidement, et des phases pendant lesquelles une seule tâche est traitée par l'ensemble de l'équipe.

La mise en évidence de cette forte variabilité dans les stratégies de gestion des tâches met en exergue la nécessité de caractériser les interactions qui permettent aux informations de circuler dans l'équipe afin que chacun ait les informations nécessaires à sa tâche. L'analyse de la structuration de ces interactions constitue une étape importante de façon à comprendre comment s'organise le réseau de partage d'informations qui permet à chacun de maintenir sa CS.

Chapitre XI. ETUDE 2 : Place du chef d'équipe dans la structuration du réseau de communication, en fonction de l'expérience et de la performance de l'équipe

XI.1. Objectifs et hypothèses générales

Dans le chapitre précédent, nous avons mis en évidence l'importance de la réalisation de la pesée dans l'activité de l'équipe Central-SP en zone 2. Ceci nous a permis d'extraire deux variables de performance, l'une relative aux tâches de CONDUITE d'une part, et l'autre relatives aux tâches de RESOLUTION DE PROBLEME d'autre part (§ X.3.4). La première est basée sur le maintien de l'immersion périscopique, tandis que la seconde rend compte de l'identification de l'avarie de bypass. Nous ferons donc désormais référence à cette seconde variable comme performance d'IDENTIFICATION DE PROBLEME.

Dans le cas de la situation complexe étudiée, nous faisons l'hypothèse que les différences dans l'activité de l'équipe Central-SP, à savoir la tenue de l'IP et l'identification de l'avarie de bypass, sont liées à des caractéristiques organisationnelles et cognitives repérables dans la communication verbale. Nous faisons le postulat théorique que ces caractéristiques constituent une partie observable des processus d'élaboration de la CS collective.

Ce chapitre a pour objectif de comprendre comment se structurent les interactions dans le module Central-SP et la place du MDC dans ces interactions. Pour cela, nous analyserons l'architecture du réseau social du module Central SP en utilisant une méthodologie basée sur l'analyse des flux de communication au sein de cette équipe. Les métriques associées à cette méthode permettent notamment d'identifier la place des opérateurs dans les flux de communication qui s'établissent au sein de l'équipe. Notre méthodologie combine l'analyse de réseau social issue de la sociologie et l'analyse de flux, plus classique en psychologie ergonomique. Chaque interaction correspond à une unité de sens identifiée dans la communication verbale, et pour laquelle ont été identifiés le locuteur et le destinataire.

Dans un premier temps, une brève présentation des résultats descriptifs sera effectuée. Nous examinerons la *centralité* des opérateurs de l'équipe Central-SP pour toutes les équipes, ainsi que la contribution de chaque opérateur dans les échanges avec le MDC.

Puis nous examinerons dans un premier axe l'impact de l'expérience des opérateurs sur les caractéristiques structurelles du réseau de la communication. Nous nous intéresserons à la centralisation du réseau, à la place plus ou moins importante de chaque opérateur dans le réseau, pour se focaliser plus précisément sur la contribution du chef d'équipe et sur les ressources qu'il mobilise préférentiellement (contribution de chaque triade). La première hypothèse porte sur

l'impact de l'expérience du MDC sur la répartition de la contribution des membres de l'équipe dans le réseau, objectivée par la centralisation. Nous faisons aussi l'hypothèse que l'expérience des opérateurs a un impact sur leur centralité. Cet indicateur correspond à la quantité de communication verbale traitée par un même opérateur. Nous faisons également plusieurs hypothèses concernant l'impact de l'expérience des membres de l'équipe SP-OCQ sur la proportion d'échanges entre le MDC et les autres opérateurs.

Le deuxième axe fera l'objet de l'analyse des liens entre l'architecture du réseau d'une part, et la performance de maintien de l'IP et d'identification du problème de bypass d'autre part. Nous faisons l'hypothèse que la quantité d'informations traitées par chaque membre de l'équipe est en lien avec la performance collective. Ce deuxième axe portera aussi sur l'identification des invariants liés à la position du chef d'équipe dans la structure de la communication verbale en lien avec la performance collective. Pour cela, nous analyserons la contribution du chef d'équipe dans les flux de communication, en termes de quantité d'informations émises et reçues et en termes de répartition des échanges avec les autres membres de l'équipe.

XI.2. Méthodes d'analyse de données

XI.2.1. Variable indépendante : Expérience des opérateurs

La variable indépendante à laquelle nous nous intéressons dans cette étude est l'expérience des opérateurs de l'équipe SP-OCQ.

La variable *EXPERIENCE-MDC* (*faible*; *élevée*). — L'expérience du MDC s'entend en termes de nombres de cycles effectués au poste de MDC dans les SNA. Elle varie entre 0 et 3 cycles pour une moyenne de 1,33 cycle (cf. Tableau 16).

Tableau 16. — Nombre de MDC en fonction de leur niveau d'expérience basé sur le nombre de cycles à la mer qu'ils ont effectués

Nombre de cycles au poste de MDC	0 cycle 1 cycle		2 cycles	3 cycles	
Nombre de MDC	3	6	4	2	
EXPERIENCE-MDC	faible		élevée		

Deux groupes ont été établis en fonction du nombre de cycles. Le premier groupe, dont l'expérience est jugée *faible*, est composé de MDC qui n'ont jamais fait de cycle ainsi que ceux qui en ont effectué un. Suite à des échanges avec des experts métier et du fait de la complexité de cette fonction, nous estimons qu'un cycle ne suffit pas pour qu'un MDC soit considéré comme aussi

expérimenté que ceux qui ont 2 cycles ou plus. Le deuxième groupe dont l'expérience est jugée élevée est composé de MDC qui ont effectué 2 ou 3 cycles. Le groupe EXPERIENCE-MDC faible (EXP-) comporte 9 MDC et le groupe EXPERIENCE-MDC élevée (EXP+) comporte 6 MDC.

Les variables EXPERIENCE-BAR, EXPERIENCE-TSP et EXPERIENCE-BAR (faible ; élevée). — L'expérience des opérateurs TSP; BAR et OCQ s'entend également en termes de nombres de cycles effectués à leurs postes respectifs dans les SNA. Pour les BAR, elle varie entre 0 et 8 cycles pour une moyenne de 1,57 cycle. Pour les TSP, elle varie entre 0 et 2 cycles pour une moyenne de 0,62 cycle. Pour les OCQ, elle varie entre 0 et 5 cycles pour une moyenne de 1,27 cycle (cf. Tableau 17). Les groupes dont l'expérience est jugée faible (EXP-) sont composés d'opérateurs qui n'ont jamais fait de cycle. Les groupes dont l'expérience est jugée élevée (EXP+) sont composés d'opérateurs qui ont effectué au moins 1 cycle.

Tableau 17. — Nombre d'opérateurs en fonction de leur poste et du nombre de cycles qu'ils ont effectués à leur poste actuel

Nombre de cycles au poste actuel	0 cycle	1 cycle	2 cycles	3 cycles et plus	Total
Nombre de BAR	5	6	0	3	14
Nombre de TSP	6	6	1	0	13
Nombre d'OCQ	4	5	0	2	11
EXPERIENCE	faible		élevée		

XI.2.2. Variables observées relatives à la performance collective en Z2

La variable TENUE DE L'IP (REUSSITE; ECHEC). — L'analyse du corpus verbal nous a permis de recueillir l'évolution de l'immersion pour chaque équipe pendant la zone 2. L'immersion maximale atteinte a été notée dans un tableau (voir Annexe 3, Tableau 32). Le périscope ne permettant de « garder la vue » qu'à une immersion maximale d'environ 19 mètres (en fonction des conditions en mer), la conservation de la vue était leur objectif opérationnel principal pendant la totalité de la zone 2. Les équipes dont l'immersion est descendue en dessous de 19 mètres ont été identifiées comme n'ayant pas tenu l'immersion périscopique (IP) durant la totalité de la zone 2. Ceci nous a permis d'établir un indicateur de performance de la tenue d'immersion, au travers d'une variable observée notée TENUE DE L'IP (réussite; échec). En fonction de leur performance de tenue de l'immersion périscopique, les équipes sont donc affectées, soit au Groupe TENUE DE L'IP-REUSSITE (Tenue IP+)

si elles ont tenu une immersion comprise entre 15 m et 19 mètres, soit au Groupe *TENUE DE L'IP-ECHEC* (Tenue IP-) si l'immersion atteinte pendant la zone 2 descend sous 19 mètres. Le groupe *TENUE DE L'IP-REUSSITE* comporte 8 équipes, tandis que le groupe *TENUE DE L'IP-ECHEC* comporte 7 équipes (cf. Tableau 18Tableau 18. — Nombre d'équipes ayant réussi ou non à tenir l'immersion périscopique).

Tableau 18. — Nombre d'équipes ayant réussi ou non à tenir l'immersion périscopique

TENUE DE L'IP	REUSSITE	ЕСНЕС
Nombre d'équipes	8	7

La variable IDENTIFICATION DU PROBLEME DE BYPASS (REALISEE; NON REALISEE) — Comme décrit dans le chapitre précédent (Chapitre VIII), les tâches identifiées dans les communications verbales de l'équipe nous ont permis d'établir une performance d'identification collective de problème, basée sur la détection ou non de l'avarie principale, à savoir le problème de bypass. Deux groupes ont été établis, selon qu'un des membres de l'équipe a - ou non, identifié cette avarie de bypass. Le premier groupe est composé des équipes où au moins une personne a parlé de l'avarie de bypass. Dans ce cas, l'identification collective du problème a été jugée comme REALISEE. Le deuxième groupe est composé des équipes dans lesquelles aucun membre n'a parlé de l'avarie de bypass. Dans ce cas, l'identification collective de problème a donc été jugée comme NON-REALISEE. Le groupe IDENTIFICATION DU PROBLEME DE BYPASS-REALISEE (Identification Bypass +) comporte 7 équipes, tandis que le groupe IDENTIFICATION DU PROBLEME DE BYPASS-NON-REALISEE (Identification Bypass -) comporte 8 équipes (cf. Tableau 19).

Tableau 19. — Nombre d'équipes ayant identifié, ou non, le problème de bypass

IDENTIFICATION DU PROBLEME DE BYPASS	REALISEE	NON-REALISEE
Nombre d'équipes	7	8

XI.2.3. Variables observées relatives aux caractéristiques structurelles de la communication verbale

Les variables observées étudiées dans ce chapitre peuvent être séparées en deux catégories :

- Les variables issues de l'analyse des flux de communication : dans notre cas la proportion du *nombre d'énoncés* produits ou reçus par un individu ou un groupe d'individus.

- Les variables issues de l'analyse des réseaux sociaux (Social Network Analysis) : la centralité et la centralisation, dont nous proposerons une métrique pour analyser la centralisation d'un réseau pondéré.

XI.2.3.1. Variables issues de l'analyse des flux de communication

Toutes les valeurs concernant le nombre d'énoncés sont relatives à l'ensemble des communications verbales **pendant la zone 2**. L'identification des locuteurs et des destinataires (§ IX.4.1.3) nous permet de comptabiliser le nombre d'énoncés entre deux opérateurs pendant l'ensemble de la phase d'activité étudiée. Ceci nous permet aussi de comptabiliser le nombre d'énoncés entre un opérateur et une équipe, ainsi qu'entre deux équipes.

On appellera échange la transmission et la réception d'informations entre deux opérateurs.

XI.2.3.2. Construction de variables à partir des métriques SNA

Contrairement à une démarche plus classique dans l'analyse des réseaux sociaux (§ VI.3.1), la méthode de traitement et d'analyse des réseaux a été construite de façon à s'articuler avec d'autres méthodes d'analyse des interactions issues de la psychoergonomie, en particulier les méthodes de traitement des communications verbales. L'organisation *command and control*, qui induit des caractéristiques relativement stables au niveau des rôles et de l'allocation des tâches, oriente les choix méthodologiques concernant l'analyse des réseaux sociaux.

Choix d'une analyse de réseaux pondérés. —Dans notre cas, les réseaux sociaux de chaque équipe sont basés sur le nombre d'énoncés émis par un locuteur et adressés à un destinataire. Les nœuds sont des opérateurs, les arcs sont des énoncés verbaux. L'organisation command and control a eu pour conséquence de nous orienter vers une analyse de réseaux pondérés, étant donnée la similarité de structure des réseaux des différentes équipes. L'identification des locuteurs et des destinataires nous permet d'étudier un réseau directionnel, ce qui offre la possibilité d'une analyse plus fine des interactions.

Une matrice d'adjacence a ainsi été construite avec, en ligne le locuteur, et en colonne le destinataire. Les matrices sont toutes carrées et non symétriques, de dimension (7,7). Les coefficients diagonaux correspondent aux énoncés adressés par les opérateurs à eux-mêmes.

Normalisation du nombre d'énoncés par rapport au temps passé en Z2. — Les nombres d'énoncés émis ou reçus par un individu ont été rapportés au temps le plus court passé par une équipe en zone 2 (la phase d'activité étudiée). Le temps le plus court passé par une équipe en zone 2 étant de 12 minutes, le nombre d'énoncés une fois normalisé correspond à la quantité d'énoncés produits ou

reçus en 12 minutes. Cette normalisation a pour avantage de permettre la comparaison directe du nombre d'énoncés produits ou reçus au sein d'équipes qui n'ont pas toutes passé le même temps en zone 2. Elle est nécessaire pour calculer les métriques issues de la *Social Network Analysis* à partir des matrices d'adjacence. Nous avons choisi une normalisation par rapport au temps le plus court, de façon à éviter tout biais relatif à une puissance statistique qui aurait été augmentée artificiellement pour les équipes ayant passé peu de temps en zone 2.

La spécificité des réseaux que nous étudions nous a conduits à combiner des métriques issues de la littérature avec des métriques que nous avons nous-mêmes adaptées, de façon à répondre au mieux à nos objectifs.

La centralité objectivée par le DEGRE DE CENTRALITE. – Les métriques individuelles visent à mettre en évidence des caractéristiques relatives à la position d'un nœud dans le réseau. La métrique individuelle la plus courante et la plus adaptée pour répondre à nos objectifs est la centralité.

Il existe plusieurs dizaines de façons de mesurer la centralité d'un nœud. La plus commune est le $DEGRE\ DE\ CENTRALITE$, qui représente le nombre de liens directs qu'un nœud a avec les autres nœuds. C'est aussi une des seules métriques individuelles adaptée à l'étude d'un petit réseau pondéré et directionnel comme les nôtres. Dans un réseau pondéré directionnel, le $DEGRE\ DE$ CENTRALITE correspond à la quantité d'information qu'un nœud a envoyée et reçue. Houghton et al. (2006) lui donnent le nom de status mais nous ne reprendrons pas cette dénomination qui est généralement utilisée dans la littérature pour parler de ce que reçoit un individu uniquement (§ VI.3.1). Le $DEGRE\ DE\ CENTRALITE$ permet d'identifier l'importance d'un nœud dans le réseau en termes de quantité de traitement d'information. La formule pour calculer le $DEGRE\ DE\ CENTRALITE$ que nous avons utilisée consiste à faire la somme des énoncés transmis et reçus par un opérateur et de pondérer cela par le nombre d'opérateurs dans le réseau (voir Equation 1; g est le nombre total de nœuds dans le réseau, i et j sont des nœuds individuels, et x_{ij} est la valeur du lien pondéré entre les nœuds i et j).

Degré de centralité (i) =
$$\frac{1}{g-1} \sum_{j=1}^{g} (x_{ji} + x_{ij})$$
 Equation 1

La densité pondérée, ou centralisation pondérée, objectivées par la VARIANCE DES DEGRES DE CENTRALITE. – La densité d'un réseau est de loin la métrique collective la plus utilisée dans la littérature. Elle représente la proportion de connexions établies dans un réseau. Dans un réseau non pondéré, elle se calcule en faisant le ratio entre le nombre de liens effectifs sur le nombre de liens possibles dans le réseau. Dans un réseau bidirectionnel comportant n nœuds, le nombre de liens

possibles est de n(n-1). Dans un réseau pondéré, la densité pondérée (weighted density dans le logiciel ORA) prend en compte le poids des liens (Wasserman & Faust, 1994). Ainsi pour une matrice pondérée A, comportant m lignes et n colonnes, et un lien V dont la valeur est la plus grande du réseau, l'équation est la suivante :

Densité pondérée du réseau
$$A = \frac{\sum (A)}{V * m * n}$$
 Equation 2

Appliquée à notre réseau de communication, la densité pondérée rend compte du nombre total d'énoncés échangés par les opérateurs d'une équipe, pondéré par le plus grand nombre d'énoncés émis par un opérateur. Dans notre cas, puisque les matrices sont toutes de même taille, cela reviendrait donc à mesurer la présence d'un acteur important dans le réseau. Or cette définition est très proche de celle de la centralisation. En effet, la centralisation d'un réseau représente la façon avec laquelle les informations d'un réseau sont distribuées de façon homogène ou non. Du fait de cette similitude entre les concepts de densité pondérée et de centralisation dans notre réseau, et de l'absence dans la littérature de métrique pondérée pour étudier la centralisation, nous pourrions utiliser la métrique de densité pondérée présentée dans l'Equation 1 pour rendre compte de la centralisation du réseau. Cependant, cette métrique ne nous satisfait pas du fait qu'elle ne rend compte de la distribution des contributions qu'en fonction de l'acteur le plus important (représentée par la valeur V dans l'Equation 1). Ceci nous a conduits à construire une nouvelle métrique de centralisation pondérée. De façon à étudier l'homogénéité de la distribution des informations entre les opérateurs, nous avons choisi de mesurer la variance de la centralité de chaque acteur (i.e. l'importance de chaque acteur du réseau). Comme nous l'avons vu dans le paragraphe précédent, nous avons mesuré la centralité grâce au DEGRE DE CENTRALITE de chaque opérateur. C'est donc la VARIANCE DES DEGRES DE CENTRALITE qui constitue notre mesure de la centralisation (cf. Equation 3).

Plus la variance est grande, plus le réseau est centralisé sur une ou plusieurs personnes ; plus la variance est faible, plus la distribution des centralités est homogène.

XI.3. Résultats descriptifs du réseau de communication de l'équipe SP en zone 2

XI.3.1. Importance des opérateurs de l'équipe Central-SP dans le réseau de communication en zone 2

Cette section vise à décrire l'importance de chaque membre de l'équipe Sécurité-Plongée en fonction de son poste, objectivée par la métrique du *DEGRE DE CENTRALITE*, et ce pour les 15 équipes étudiées.

Le graphique présenté en Figure 25 offre une représentation schématique de l'indice de centralité des opérateurs de l'équipe SP et du commandement.

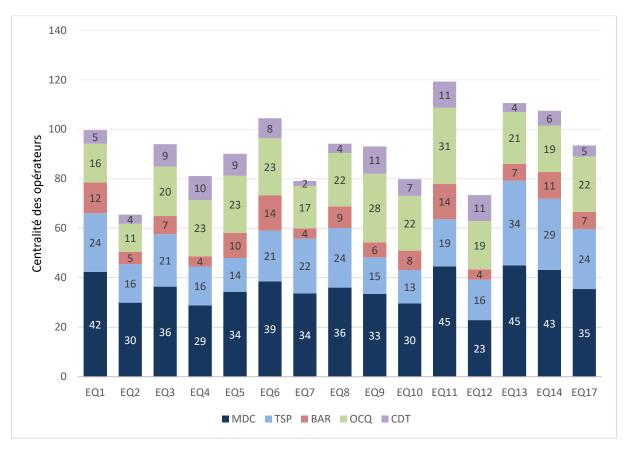


Figure 25. — Indice de centralité des opérateurs de l'équipe SP-OCQ et du commandant pour chaque équipe. (Voir résultats bruts en Annexe 5, Tableau 37)

On observe une différence significative du *DEGRE DE CENTRALITE* en fonction du poste des opérateurs (ANOVA mesures répétées appariée sur les équipes ; F(7, 98)=151, p<0,001)).

Le *DEGRE DE CENTRALITE* du MDC est significativement supérieur à celui des autres (tests post-hoc PLSD de Fisher; p<0,001). La *centralité* plus importante du MDC, objectivée par un plus grand *DEGRE DE CENTRALITE*, montre que c'est cet opérateur qui traite le plus grand nombre d'informations

dans le réseau. Ceci confirme le résultat de l'analyse de l'activité qui nous avait conduits à penser que cet opérateur était un élément central dans le réseau.

Il n'y a pas de différence significative pour le *DEGRE DE CENTRALITE* du TSP et de l'OCQ qui représentent les opérateurs les plus centraux après le MDC. La *centralité* importante du TSP et de l'OCQ met en évidence leur contribution importante dans le traitement des informations au sein de l'équipe Central-SP.

Le barreur occupe une place moins centrale que les autres opérateurs dans le réseau de communication de l'équipe SP-OCQ.

XI.3.2. Interlocuteurs du MDC

Cette section vise à identifier les interlocuteurs du MDC. Nous nous intéressons plus précisément aux opérateurs qui transmettent à ce dernier des informations, ainsi qu'à ceux auxquels le MDC transmet des informations. Nous pourrons ainsi discuter du rôle de chaque opérateur dans le réseau de communication du MDC.

XI.3.2.1. A qui le MDC transmet-il des informations?

La très grande majorité des énoncés transmis par le MDC provient de ses coéquipiers du module Sécurité-Plongée. On observe (cf. Figure 26) une différence significative du nombre d'énoncés transmis par le MDC en fonction du poste de ses interlocuteurs (ANOVA mesures répétées appariée sur les équipes ; F(7, 98)=59, p<0,001)).

L'OCQ fait partie des destinataires principaux des énoncés émis par le MDC. Cependant, il partage cette place avec le TSP puisqu'il n'y a pas de différence significative entre le nombre d'énoncés transmis par le MDC au TSP et à l'OCQ. L'OCQ et le TSP sont les deux destinataires principaux des énoncés du MDC (tests post-hoc PLSD de Fisher; p<0,001 entre l'OCQ et les autres opérateurs; p<0,001 entre le TSP et les autres opérateurs).

Le barreur est le troisième opérateur auquel le MDC transmet le plus d'énoncés (tests post-hoc PLSD de Fisher; p< 0,001 entre le BAR et les autres opérateurs)

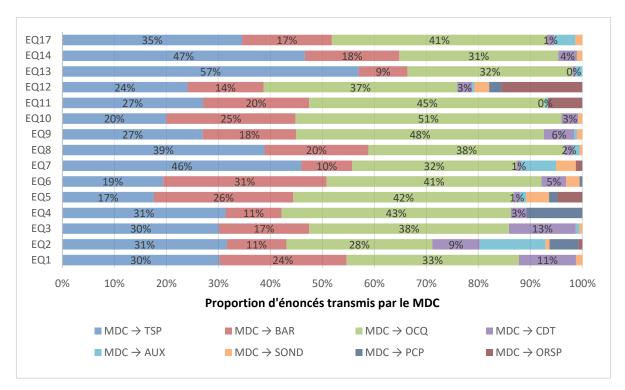


Figure 26. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC à chacun de ses coéquipiers pour chaque équipe. (Voir résultats bruts en Annexe 6 ; Tableau 39)

La variabilité de la contribution du MDC en fonction du destinataire est également importante. Ainsi, pour ce qui la proportion d'énoncés transmis au barreur, on constate d'importantes amplitudes entre les équipes.

Les liens entre ces différences de contribution, l'expérience du MDC et la performance collective seront investigués dans les sections suivantes, et plus précisément dans la partie portant sur les triades aves lesquelles le MDC interagit.

XI.3.2.2. De qui le MDC reçoit-il des informations?

La très grande majorité des énoncés reçus par le MDC provient de ses coéquipiers du module Sécurité-Plongée (cf. Figure 27).

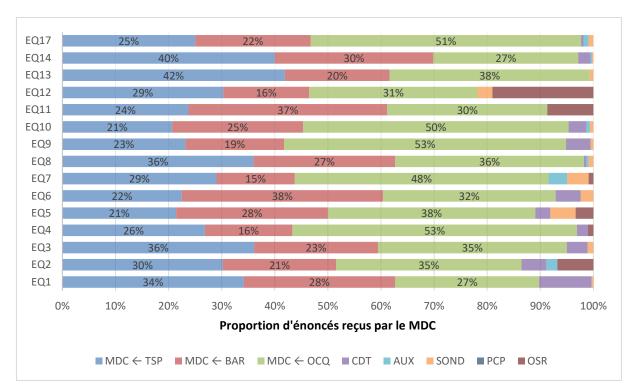


Figure 27. — Proportion d'énoncés reçus par le MDC de chacun de ses coéquipiers pour chaque équipe. (Voir résultats bruts en Annexe 6, Tableau 40)

On observe une différence significative du nombre d'énoncés reçus par le MDC en fonction du poste de ses interlocuteurs (ANOVA mesures répétées appariée sur les équipes ; F(7, 98)=61, p<0,001) :

- L'opérateur duquel le MDC a reçu le plus d'énoncés est l'OCQ (tests post-hoc PLSD de Fisher; p<0,05 entre l'OCQ et le TSP; p<0,001 entre l'OCQ et tous les autres opérateurs). La place importante de l'OCQ dans les énoncés que reçoit le MDC n'est pas étonnante dans la mesure où une grande partie des actions réalisées par les membres de l'équipe Sécurité-Plongée nécessitent l'aval du commandement représenté par l'OCQ.</p>
- Le deuxième opérateur duquel le MDC reçoit une grande quantité d'énoncés est le TSP (tests post-hoc PLSD de Fisher; p<0,05 entre le TSP et le BAR; p<0,001 entre le TSP et les autres opérateurs). En plus de constituer une charnière importante dans la distribution des informations au sein de l'équipe Central-SP, le TSP s'avère aussi être l'un des principaux pourvoyeurs d'informations pour le MDC.</p>
- Le barreur est le troisième opérateur duquel le MDC reçoit beaucoup d'énoncés (tests posthoc PLSD de Fisher; p<0,001 entre le TSP et les autres opérateurs).

On note cependant une forte variabilité dans la contribution des membres de l'équipe SP-OCQ, en fonction des équipes. Selon l'une ou l'autre équipe, les contributions se répartissent du simple au double pour un même rôle. Il sera intéressant d'identifier les déterminants interindividuels de cette

variabilité (par exemple, le niveau d'expérience), de même que le lien entre cette variabilité et la performance collective.

XI.3.2.3. Analyse du sens des échanges entre le MDC et ses coéquipiers

Dans cette section, nous examinons si les interlocuteurs du MDC constituent plutôt des pourvoyeurs d'information, ou bien des destinataires d'information, ou encore, si les échanges interactionnels sont équilibrés. Pour ce faire, nous avons comparé la proportion d'énoncés (ou échanges) que le MDC reçoit de chaque opérateur (*Réception*) avec la proportion d'énoncés (ou échanges) qu'il transmet à chaque opérateur (*Transmission*).

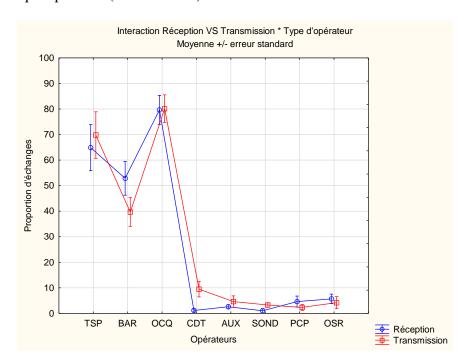


Figure 28. — Proportion d'énoncés (échanges) reçus et transmis par le MDC en fonction de ses interlocuteurs. (Voir résultats bruts en Annexe 6, Tableau 41)

Nous constatons (cf. Figure 28) que les échanges entre le MDC et chaque opérateur sont équilibrés, sauf ceux tenus avec le barreur et le commandant :

- La proportion d'énoncés reçus du barreur par le MDC est significativement plus importante que la proportion d'énoncés transmis par le MDC au barreur (tests post-hoc PLSD de Fisher; p< 0,001).
- A l'inverse, la proportion d'énoncés transmis par le MDC au commandant est significativement plus importante que la proportion d'énoncés reçus du commandant par le MDC (tests post-hoc PLSD de Fisher; p<0,001).

Ces résultats mettent en évidence que la chaîne barreur-MDC-commandant fonctionne de manière particulière. Le barreur occupe un rôle de pourvoyeur d'informations pour le MDC qui, à son tour, endosse le rôle de pourvoyeur d'informations vers le commandant. Le MDC est au centre de cette chaîne de distribution d'informations. Sa place dans la distribution d'informations sera étudiée plus précisément dans les sections suivantes.

XI.4. Axe 1 : Effet de l'expérience des membres du module SP sur l'architecture du réseau de communication de l'équipe Central-Sécurité-Plongée

Cette section regroupe les résultats portant sur l'impact de l'expérience des opérateurs de l'équipe Central-SP sur les caractéristiques structurelles du réseau de la communication. Les résultats relatifs à la centralisation du réseau et à la contribution du MDC au sein des triades portent sur l'équipe Central-SP. Ils sont présentés dans les sections § XI.4.1 et §XI.4.4. Les résultats relatifs à la centralité et à la contribution des membres de l'équipe SP-OCQ sont présentés dans les autres sections.

Nous nous intéressons plus précisément à l'impact de l'expérience des opérateurs sur leur place dans le réseau, sur la contribution du chef d'équipe dans les communications, ainsi que sur la répartition des échanges entre le chef d'équipe et le commandement d'une part, et entre le chef d'équipe et le reste de l'équipe SP d'autre part.

XI.4.1. Effet de l'expérience du MDC sur la centralisation du réseau

XI.4.1.1. Hypothèse

La comparaison de la centralisation du réseau des équipes nous renseigne sur la répartition de la centralité des opérateurs de l'équipe. Cette centralité peut être répartie de façon homogène entre les membres de l'équipe, ce qui sera mis en évidence par un indice de centralisation bas. A l'inverse, une centralisation importante du réseau mettra en évidence la présence d'un (ou plusieurs) opérateur(s) dont la centralité est plus élevée que celle des autres. Ceci nous informera sur la place occupée par les opérateurs dans le réseau de communication d'une équipe, et par conséquent sur les stratégies de gestion des informations par les membres de cette équipe.

Nous avons vu dans la section précédente que le réseau de l'équipe SP-OCQ est centralisé autour du MDC. Du fait de l'importance du MDC dans le réseau, nous faisons l'hypothèse que son expérience a un impact sur la répartition des contributions de chaque opérateur. Nous pensons, dans la suite des résultats de Schraagen et Post (2014), qu'un chef d'équipe expérimenté adopte une gestion plus distribuée des informations traitées par les membres de son équipe, ce qui induit une participation plus homogène de chaque opérateur.

Nous opérationnalisons cette hypothèse de la manière la suivante :

H1.1 : La centralisation du réseau des équipes, objectivée par la variance du DEGRE DE CENTRALITE, sera moins élevée pour les équipes dont le MDC est expérimenté.

XI.4.1.2. Résultats

Les résultats ne montrent pas d'effet significatif de l'expérience du MDC sur la variance du *DEGRE DE CENTRALITE* des membres de l'équipe Central-SP (cf. Figure 29).

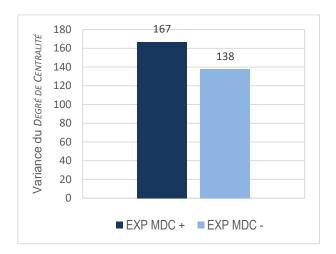


Figure 29. — Centralisation du réseau de l'équipe Central-SP en fonction de l'expérience du MDC, objectivée par la moyenne des variances intra-équipe du DEGRE DE CENTRALITE.

(Voir résultats bruts en Annexe 5, Tableau 38)

Le réseau de communication des équipes dont le chef d'équipe est expérimenté n'est pas significativement moins centralisé. L'hypothèse H1.1 n'est pas vérifiée.

XI.4.2. Effet de l'expérience des membres de l'équipe SP-OCQ sur leur centralité dans le réseau

XI.4.2.1. Hypothèse

Nous voulons identifier les facteurs qui pourraient avoir un impact sur la façon dont se structure le réseau, et plus particulièrement sur la centralité de chaque membre de l'équipe SP-OCQ. Nous faisons l'hypothèse que l'expérience des membres de l'équipe SP-OCQ a un impact sur la quantité d'informations qu'ils traitent pendant la Z2 : les membres expérimentés traiteraient plus d'informations. Ceci serait cohérent avec les résultats de l'étude menée par Schraagen & Post (2014) dans le domaine militaire maritime. L'hypothèse opérationnelle est la suivante :

H1.2 : Un opérateur de l'équipe SP-OCQ expérimenté traite une quantité d'informations plus élevée (objectivée par le DEGRE DE CENTRALITE) qu'un opérateur au même poste moins expérimenté.

XI.4.2.2. Résultats

Les résultats ne montrent pas de lien significatif entre le *DEGRE DE CENTRALITE* des opérateurs et leur expérience (cf. Figure 30).

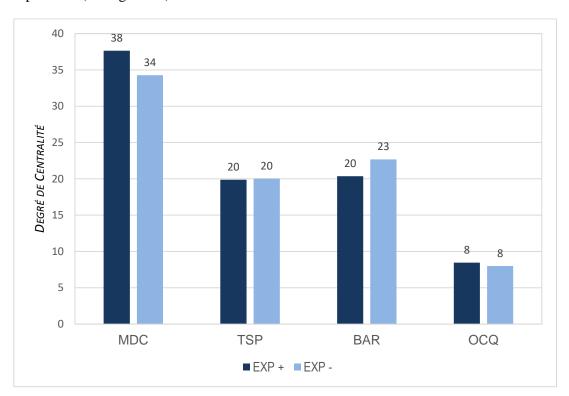


Figure 30. — *Centralité* des opérateurs de l'équipe SP-OCQ en fonction de leurs expériences respectives à leur poste.

Les opérateurs expérimentés ne traitent pas plus d'informations que les opérateurs moins expérimentés. L'hypothèse H1.2 n'est vérifiée pour aucun des opérateurs de l'équipe SP-OCQ.

XI.4.3. Effet de l'expérience des opérateurs sur la contribution du chef d'équipe au sein de l'équipe SP-OCQ

XI.4.3.1. Hypothèses

De façon à examiner plus en détail la place occupée par le MDC en tant que chef d'équipe dans le réseau, il est intéressant d'analyser la proportion d'information qu'il partage et reçoit par rapport aux autres opérateurs. Nous faisons l'hypothèse que la contribution du MDC est affectée par l'expérience de ses coéquipiers. Cette analyse de la centralité du MDC diffère de celle du *DEGRE*

DE CENTRALITE, puisqu'on ne s'intéresse pas ici à la quantité d'information absolue traitée par le MDC, mais à une proportion d'informations transmises et reçues, par rapport aux autres membres de l'équipe. Ceci nous permet d'examiner de manière distincte, d'une part l'effet de l'expérience du MDC sur sa contribution en termes d'énoncés transmis et reçus par rapport à ses coéquipiers de l'équipe SP-OCQ, et d'autre part, l'effet de l'expérience des membres de l'équipe SP-OCQ sur la contribution du MDC en termes d'énoncés transmis et reçus par rapport à ses coéquipiers de l'équipe SP-OCQ.

On peut ainsi s'attendre à ce qu'un MDC expérimenté transmette et reçoive plus d'informations que ses coéquipiers. Nous opérationnalisons les hypothèses de la façon suivante :

- H1.3a: La proportion d'énoncés transmis par les MDC expérimentés est plus grande que la proportion d'énoncés transmis par les MDC moins expérimentés.
- H1.3b : La proportion d'énoncés reçus par les MDC expérimentés est plus grande que la proportion d'énoncés reçus par les MDC moins expérimentés.

Concernant la contribution du MDC en fonction de l'expérience de ses coéquipiers, on peut s'attendre à ce qu'un MDC dont les coéquipiers sont expérimentés transmette et reçoive plus d'informations que les autres opérateurs de l'équipe SP-OCQ par rapport à un MDC dont les coéquipiers sont moins expérimentés. Nous opérationnalisons les hypothèses de la manière suivante :

- H1.3c: La proportion d'énoncés transmis par les MDC ayant un barreur expérimenté est plus grande que la proportion d'énoncés transmis par les MDC ayant un barreur moins expérimenté.
- H1.3d: La proportion d'énoncés transmis par les MDC ayant un TSP expérimenté est plus grande que la proportion d'énoncés transmis par les MDC ayant un TSP moins expérimenté.
- H1.3e: La proportion d'énoncés transmis par les MDC ayant un OCQ expérimenté est plus grande que la proportion d'énoncés transmis par les MDC ayant un OCQ moins expérimenté.
- H1.3f: La proportion d'énoncés **reçus par les MDC ayant un barreur expérimenté** est **plus grande** que la proportion d'énoncés reçus par les MDC ayant un barreur moins expérimenté.
- H1.3g: La proportion d'énoncés reçus par les MDC ayant un TSP expérimenté est plus grande que la proportion d'énoncés reçus par les MDC ayant un TSP moins expérimenté.

H1.3h: La proportion d'énoncés **reçus par les MDC ayant un OCQ expérimenté** est plus grande que la proportion d'énoncés reçus par les MDC ayant un OCQ moins expérimenté.

XI.4.3.2. Résultats relatifs à la <u>transmission</u> d'énoncés par le MDC, en fonction de l'expérience des membres de l'équipe SP-OCQ

La Figure 31 synthétise les résultats portant sur la proportion d'énoncés transmis par le MDC, en fonction de l'expérience des opérateurs de l'équipe SP-OCQ.

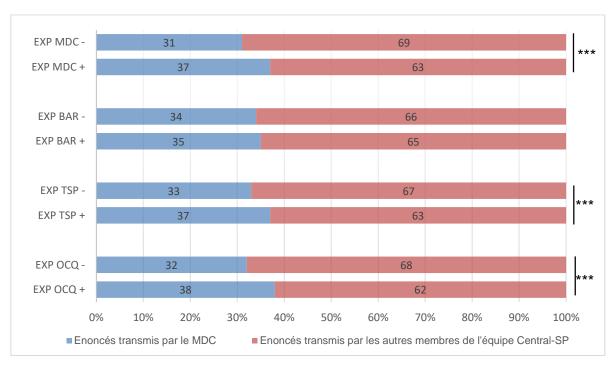


Figure 31. — Proportion d'énoncés <u>transmis</u> par le MDC et par les autres opérateurs en fonction de l'expérience des membres de l'équipe SP-OCQ. (Voir résultats bruts en Annexe 7, Tableau 42) (*=p < 0.05; **=p < 0.01; ***=p < 0.001)

- Les MDC expérimentés transmettent proportionnellement plus d'informations que ses coéquipiers en comparaison avec les MDC moins expérimentés (χ²(ddl=1) = 25,96; p<0,001). L'hypothèse H1.3a est vérifiée.
- Les MDC ayant un barreur expérimenté ne transmettent proportionnellement pas plus d'informations que ses coéquipiers en comparaison avec les MDC ayant un barreur moins expérimenté. L'hypothèse H1.3c n'est pas vérifiée.
- Les MDC ayant un TSP expérimenté transmettent proportionnellement plus d'informations que ses coéquipiers en comparaison avec les MDC ayant un TSP moins expérimenté ($\chi^2(ddl=1) = 17,33$; p<0,001). L'hypothèse H1.3d est vérifiée.

Les MDC ayant un OCQ expérimenté transmettent proportionnellement plus d'informations que ses coéquipiers en comparaison avec les MDC ayant un OCQ moins expérimenté (χ²(ddl=1) = 30,56; p<0,001). L'hypothèse H1.3e est vérifiée.</p>

XI.4.3.3. Résultats relatifs à la <u>réception</u> d'énoncés par le MDC, en fonction de l'expérience des membres de l'équipe SP-OCQ

La Figure 32 synthétise les résultats portant sur la proportion d'énoncés reçus par le MDC en fonction de l'expérience des opérateurs de l'équipe SP-OCQ.

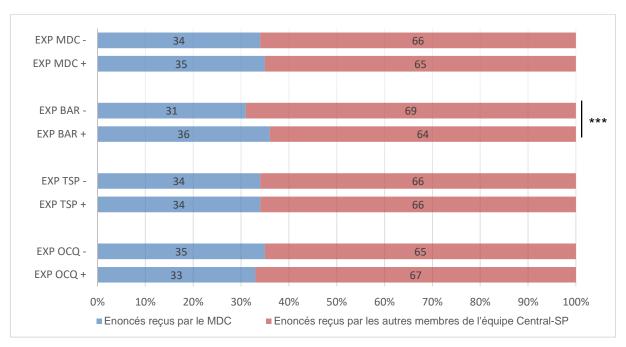


Figure 32. — Proportion d'énoncés <u>reçus</u> par le MDC et par les autres opérateurs en fonction de l'expérience des membres de l'équipe SP-OCQ. (Voir résultats bruts en Annexe 7, Tableau 43) (*=p<0.05; **=p<0.01; ***=p<0.001)

- Les MDC expérimentés ne reçoivent proportionnellement pas plus d'informations que ses coéquipiers en comparaison avec les MDC moins expérimentés. L'hypothèse H1.3b n'est pas vérifiée.
- Les MDC ayant un barreur expérimenté reçoivent proportionnellement plus d'informations que ses coéquipiers en comparaison avec les MDC ayant un barreur peu expérimenté (χ²(ddl=1) =16,34; p<0,001). L'hypothèse H1.3f est vérifiée.
- Les MDC ayant un TSP expérimenté ne reçoivent proportionnellement pas plus d'informations que ses coéquipiers en comparaison avec les MDC ayant un TSP expérimenté. L'hypothèse H1.3g n'est pas vérifiée.

 Les MDC ayant un OCQ expérimenté ne reçoivent proportionnellement pas plus d'informations que ses coéquipiers en comparaison avec les MDC ayant un OCQ expérimenté. L'hypothèse H1.3h n'est pas vérifiée.

XI.4.4. Effet de l'expérience du MDC sur le compromis entre communication avec le commandement *versus* communication avec l'équipe SP

XI.4.4.1. Hypothèses

L'étape la plus fine dans l'analyse de la place du MDC dans le réseau de communication vise à identifier les opérateurs avec lesquels ce chef d'équipe interagit. Ceci nous permettra de discuter du compromis que le MDC doit réaliser, entre la supervision de son équipe d'une part, et l'alimentation de la conscience de la situation du commandement d'autre part.

Nous avons rassemblé les interlocuteurs du MDC en trois groupes : (1) le commandement, comprenant le commandant et l'OCQ ; (2) les deux coéquipiers (TSP et barreur) du MDC dans l'équipe SP ; (3) les autres opérateurs avec lesquels le MDC communique. Les groupes 1 et 2 forment, avec le MDC, deux triades distinctes.

Nous faisons l'hypothèse que le compromis fait par le MDC dans sa communication au sein des triades est lié à son expérience. Nous nous attendons à ce que les MDC plus expérimentés échangent proportionnellement plus avec le commandement, et moins avec leurs coéquipiers de l'équipe SP, par rapport aux MDC moins expérimentés. Nous opérationnalisons ces hypothèses de la façon suivante :

- H1.4a: La proportion d'énoncés transmis par les MDC expérimentés au commandement est plus importante que celle des MDC moins expérimentés.
- H1.4b : La proportion d'énoncés transmis par les MDC expérimentés à leurs coéquipiers de l'équipe SP est moins importante que celle des MDC moins expérimentés.
- H1.4c: La proportion d'énoncés reçus par les MDC expérimentés, de la part du commandement est plus importante que celle reçue par les MDC moins expérimentés.
- H1.4d : La proportion d'énoncés reçus par les MDC expérimentés, de la part de leurs coéquipiers de l'équipe SP est moins importante que celle des MDC moins expérimentés.

XI.4.4.2. Résultats

Il n'y a **pas de différence** significative dans la proportion d'**énoncés transmis** par le MDC aux autres opérateurs, quelle que soit son expérience (cf. Figure 33).

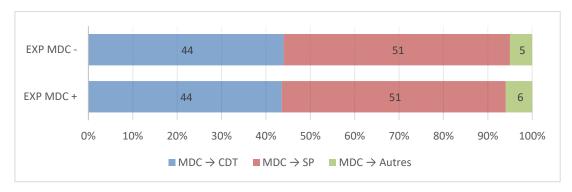


Figure 33. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC aux différents groupes en fonction de l'expérience du MDC. (Voir résultats bruts en Annexe 8, Tableau 44)

La proportion d'énoncés **transmis par les MDC expérimentés au commandement** n'est pas significativement différente de celle des MDC moins expérimentés. **L'hypothèse H4a n'est pas vérifiée.**

La proportion d'énoncés **transmis par les MDC expérimentés à leurs coéquipiers** de l'équipe SP n'est pas significativement différente de celle des MDC moins expérimentés. **L'hypothèse H4b** n'est pas vérifiée.

Il n'y a pas de différence significative dans la proportion d'énoncés **reçus par le MDC de la part des autres** opérateurs, quelle que soit son expérience (cf. Figure 34).

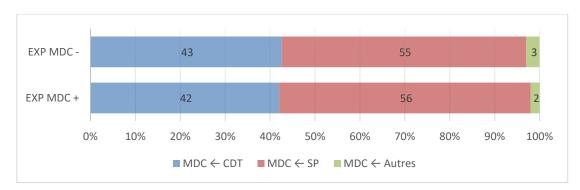


Figure 34. — Proportion d'énoncés reçus par le MDC et transmis par les différents groupes en fonction de l'expérience du MDC. (Voir résultats bruts en Annexe 8, Tableau 45)

La proportion d'énoncés **reçus par les MDC expérimentés du commandement** n'est pas significativement différente de celle des MDC moins expérimentés. **L'hypothèse H4c n'est pas vérifiée.**

La disparité des proportions d'énoncés reçus au sein de la triade du commandement nous a néanmoins conduit à réaliser une analyse plus approfondie de la proportion d'énoncés reçus par le MDC de la part de chacun des membres du commandement. Ceci nous a permis de mettre en évidence que les MDC expérimentés reçoivent proportionnellement moins d'informations de la part l'OCQ, comparé aux MDC moins expérimentés (χ^2 (ddl=1) =4,97; p<0,05).

La proportion d'énoncés **reçus par les MDC expérimentés de leurs coéquipiers** de l'équipe SP n'est **pas significativement différente** de celle des MDC moins expérimentés. **L'hypothèse H4d** n'est pas vérifiée.

XI.4.5. Synthèse et interprétation des résultats de l'Axe 1

XI.4.5.1. Effet de l'expérience des membres de l'équipe SP-OCQ sur la quantité d'information qu'ils traitent

Aucun lien significatif n'a été trouvé entre la *centralisation du réseau* et l'*expérience du chef d'équipe*. Malgré la place centrale du MDC dans le réseau, son expérience ne semble pas avoir d'impact sur la répartition de la quantité d'information traitée par ses coéquipiers. L'expérience des autres membres de l'équipe SP-OCQ n'a pas non plus d'impact sur la quantité d'information qu'ils traitent pendant la Z2.

Ces deux résultats révèlent que l'expérience des membres de l'équipe SP-OCQ n'a pas d'impact significatif sur la quantité absolue d'information qu'ils traitent pendant un temps donné. Nous pouvons supposer que d'autres variables, notamment contextuelles, influencent de façon plus importante cette centralité. Les stratégies de gestion des informations du MDC pourraient avoir un impact plus important sur la centralité de ses coéquipiers dans le réseau.

XI.4.5.2. Effet de l'expérience des opérateurs sur les proportions d'échanges entre le MDC et les autres membres de l'équipe

Nous avons pu observer des différences significatives dans la proportion d'énoncés échangés entre le MDC et les autres opérateurs de l'équipe, en fonction de leurs expériences respectives.

Si l'on fait la synthèse des résultats en fonction de ce que **transmet le MDC**, nous avons pu mettre en évidence que les MDC transmettent proportionnellement plus d'informations que leurs coéquipiers lorsqu'ils sont expérimentés. Notons que ce résultat relatif à la contribution plus importante des chefs d'équipes expérimentés dans le réseau de communication est cohérent avec les résultats de Schraagen et Post (2014).

Nous avons également montré que les MDC transmettent proportionnellement plus d'informations que leurs coéquipiers, lorsque le TSP ou l'OCQ de leur équipe sont expérimentés. Nous expliquons cette différence par le fait que l'affectation de coéquipiers expérimentés à des postes importants dans le réseau (§ XI.3.1) permet au MDC de contribuer de façon plus importante à la transmission d'informations. En revanche, nous n'avons pas observé de différence significative en fonction de

l'expérience du barreur. Ceci est peut-être dû au fait que ce dernier est un interlocuteur moins fréquemment sollicité dans les transmissions du MDC (§ XI.3.2.1).

Concernant les résultats relatifs à ce que reçoit le MDC, nous avons pu mettre en évidence que, lorsque le barreur est expérimenté, le MDC reçoit proportionnellement plus d'informations que les autres membres de l'équipe SP-OCQ. Ceci peut être dû au fait que le barreur est l'un des principaux pourvoyeurs d'informations pour le MDC. Il s'ensuit que la présence d'un barreur expérimenté dans son équipe permet au MDC d'être plus à l'écoute de l'ensemble de ses coéquipiers. Nous n'avons en revanche pas observé de différence significative en fonction de l'expérience du MDC, du TSP ou de l'OCQ.

La mise en perspective des différents résultats concernant ce que transmet et ce que reçoit le MDC, en fonction de l'expérience du barreur d'une part, et de l'expérience des autres opérateurs de l'équipe SP-OCQ d'autre part, nous conduit à introduire dans notre interprétation la notion de *position géographique* des opérateurs au sein du module SP. Cette interprétation est étayée par nos observations en simulateur, durant lesquelles nous avons constaté que le MDC se déplace généralement entre deux positions géographiques principales.

La première, juste derrière le barreur, permet au MDC de visualiser rapidement les paramètres d'immersion et la position des barres de plongée. Il nous a été rapporté, durant les entretiens post-simulation, que cet emplacement permet au MDC de communiquer de façon plus étroite avec le barreur, ce dernier étant placé de dos au reste de l'équipe. Cette disposition de dos rend parfois difficile les échanges entre le MDC et le barreur, particulièrement en situation de forte agitation dans le Central. Plusieurs MDC nous ont rapporté qu'ils utilisent un contact physique, généralement une main sur l'épaule, de façon à fiabiliser leur communication avec le barreur, ou à le rassurer.

La deuxième position prise par le MDC se trouve plus en retrait, derrière le TSP. Cette position lui permet de visualiser l'interface du TSP, et de communiquer de façon plus proche avec l'OCQ qui se trouvait dans notre simulation à l'arrière du module. Il est intéressant de noter qu'en situation réelle, l'OCQ ne se trouve pas toujours à proximité immédiate du MDC, puisque qu'il a aussi sous sa responsabilité d'autres équipes du Central.

L'alternance du MDC entre ces deux positions pourrait servir des stratégies de prise d'informations visuelles du MDC. Mais elle répond aussi à la nécessité de communiquer de façon fiable avec ses différents coéquipiers. Ceci pourrait expliquer les différences de contribution (transmission ou réception) du MDC que nous observons, en fonction de l'expérience des opérateurs.

Une seconde interprétation de ces différences est que la contribution de chaque opérateur dépend avant tout de son expérience personnelle, plutôt que de celle des autres membres de l'équipe. Cette explication est nourrie par le fait qu'un MDC expérimenté transmet plus d'informations que le reste de son équipe, mais ne reçoit pas plus d'informations que le reste de son équipe. Ceci nous conduit à penser que les MDC modifient leur façon de communiquer en fonction de l'expérience de certains de leurs coéquipiers, à savoir l'OCQ et le TSP. Par ailleurs, les coéquipiers du MDC ne modifient pas leur façon de communiquer en fonction de l'expérience de ce dernier.

Pour finir, concernant les résultats relatifs à l'effet de l'expérience du MDC sur la répartition de ses échanges avec les membres des deux triades auxquelles il appartient, nous n'avons pas observé de différences significatives. De la même façon que pour la quantité d'information traitée par les membres de l'équipe SP-OCQ, il est possible que la répartition des échanges entre le DMC et les membres des deux triades auxquelles il appartient soit influencée de façon plus importante par des caractéristiques contextuelles ou par la performance, plutôt que par l'expérience du MDC. Nous avons cependant pu observer une différence significative dans la proportion d'énoncés que le MDC reçoit de l'OCQ : lorsque le MDC est peu expérimenté, il reçoit plus d'informations. L'OCQ étant le supérieur hiérarchique du MDC, on peut penser qu'un OCQ dont le MDC est peu expérimenté sera plus présent, de façon à épauler ce dernier dans ses décisions.

XI.5. Axe 2 : Lien entre l'architecture du réseau de communication du module Central-SP et la performance collective d'identification de problème

Cette section regroupe les résultats portant sur le lien entre les caractéristiques structurelles du réseau de la communication et la performance collective.

Nous nous intéressons plus précisément au lien entre la performance collective et la place des opérateurs dans le réseau, la contribution du chef d'équipe dans les communications et la répartition des échanges dans les triades au sein desquelles le chef d'équipe interagit.

XI.5.1. Lien entre la centralisation du réseau et la performance

XI.5.1.1. Hypothèses

Comme nous l'avons vu précédemment (§ XI.4.1), la centralisation nous informe sur la place occupée par les opérateurs dans le réseau de communication d'une équipe, et par conséquent sur les stratégies de gestion des informations mises en place par les membres de cette équipe.

Concernant le lien entre la performance et la centralisation du réseau, plusieurs études ont mis en évidence l'intérêt d'une communication décentralisée dans la réalisation de tâches complexes, telles que la résolution de problème (Bavelas, 1950; Leavitt, 1951; Duncan, 1973; Ahuja & Carley 1999; Cumming & Cross, 2003).

Nous faisons donc l'hypothèse que les équipes Central-SP performantes ont un réseau de communication plus décentralisé. Nous opérationnalisons cette hypothèse de la manière la suivante :

- H2.1a: La centralisation du réseau des équipes ayant réussi à tenir l'immersion périscopique (TENUE-IP-REUSSITE), objectivée par la variance du DEGRE DE CENTRALITE, est moins élevée que celle des équipes TENUE-IP-NON-REUSSITE.
- H2.1b: La centralisation du réseau des équipes ayant identifié l'avarie de bypass (IDENTIFICATION DU PROBLEME DE BYPASS-REALISÉE), objectivée par la variance du DEGRE DE CENTRALITE, est moins élevée que celle des équipes n'ayant pas identifié l'avarie de bypass (IDENTIFICATION DU PROBLEME DE BYPASS-NON REALISÉE).

XI.5.1.2. Résultats

La Figure 35 représente la variance intra-équipe du *DEGRE DE CENTRALITE* des opérateurs, en fonction de la performance collective de tenue de l'IP (*TENUE-IP*) et d'identification de problème de bypass (*IDENTIFICATION DU PROBLEME DE BYPASS*). Le tableau de la variance du *DEGRE DE CENTRALITE* pour chaque équipe est disponible en Annexe 5 (cf. Tableau 38).

On observe une différence significative de la centralisation des équipes en fonction de la performance de tenue de l'IP (cf. Figure 35). Il n'y a pas de différence significative de la centralisation des équipes en fonction de leur performance d'identification de l'avarie de bypass.

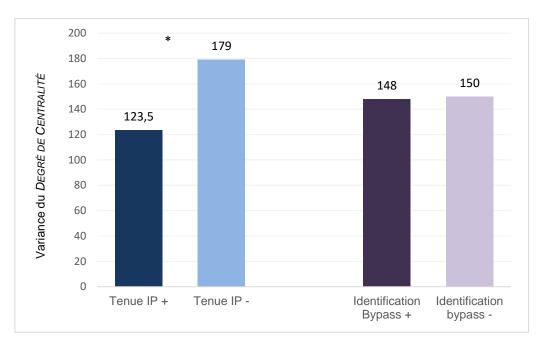


Figure 35. — Centralisation du réseau de l'équipe Central-SP objectivée par la variancedu degré de centralité en fonction de la perfomance collective de tenue de l'IP et d'identification de problème. (*=p<0.05; ***=p<0.01; ****=p<0.001)

La centralisation du réseau des équipes ayant tenu l'IP, objectivée par la variance du *DEGRE DE CENTRALITE*, est significativement moins élevée que celle des équipes n'ayant pas tenu l'IP (ANOVA; F(1, 14)=5; p<0,05). L'hypothèse H2.1a est vérifiée.

La centralisation du réseau des équipes ayant identifié l'avarie de bypass, objectivée par la variance du *DEGRE DE CENTRALITE*, n'est pas significativement différente de celle des équipes n'ayant pas identifié l'avarie de bypass. L'hypothèse H2.1a n'est pas vérifiée.

XI.5.2. Lien entre l'importance des opérateurs de l'équipe SP-OCQ dans le réseau et la performance

XI.5.2.1. Hypothèses

Plusieurs études ont mis en évidence un lien entre la quantité d'informations échangées par une équipe en situation de gestion d'environnement dynamique et la performance. Ce lien semble dépendre de la complexité de la tâche réalisée (Orasanu, 1990; Rafferty et al., 2013). Des études montrent un lien inverse entre la performance et la quantité de communication, particulièrement en situation à forte complexité (Barth et al., 2015; Rafferty et al., 2013). En situation temporellement contrainte, les membres d'une équipe auraient tendance à parler en moindre quantité et à communiquer préférentiellement sur des éléments prioritaires (Xiao et al., 2003). Inversement, d'autres auteurs (Balkundi & Harrison, 2006; Brown & Miller, 2000) démontrent que les équipes dont les membres communiquent beaucoup partagent, par conséquent, plus d'informations sur leurs

représentations. Les auteurs y voient un bénéfice pour la performance, et particulièrement pour la résolution de problème.

Les études qui montrent un lien inverse entre la quantité d'informations échangées *versus* la performance collective ont été réalisées dans des situations similaires à la nôtre. Nous faisons donc l'hypothèse que nos résultats iront dans le même sens que ces travaux (Barth et al., 2015; Rafferty et al., 2013).

Nous l'avons vu dans le Chapitre X, tous les opérateurs ne sont pas impliqués dans les mêmes tâches. Tandis que la tâche de tenue de l'IP n'implique de façon directe que le MDC, le barreur et l'OCQ, la tâche d'identification de problème de bypass n'implique directement que le MDC et le TSP. Les hypothèses sur la contribution des opérateurs ne concerneront par conséquent que les opérateurs impliqués dans les tâches relatives à la performance étudiée.

Nous opérationnalisons nos hypothèses sur le lien entre la centralité des opérateurs et la tenue de l'IP de la façon suivante :

- H2.2a: Les MDC des équipes ayant tenu l'IP ont un DEGRE DE CENTRALITE moins élevé (i.e. traitent plus d'informations) que les MDC des équipes n'ayant pas tenu l'IP.
- H2.2b : Les barreurs des équipes ayant tenu l'IP ont un DEGRE DE CENTRALITE moins élevé (i.e. traitent plus d'informations) que les barreurs des équipes n'ayant pas tenu l'IP.
- H2.2c: Les OCQ des équipes ayant tenu l'IP ont un DEGRE DE CENTRALITE moins élevé (i.e. traitent plus d'informations) que les OCQ des équipes n'ayant pas tenu l'IP.

Nos hypothèses sur le lien entre la centralité des opérateurs et l'identification de l'avarie de bypass sont les suivantes :

- H2.2d : Les MDC des équipes ayant identifié l'avarie de bypass ont un DEGRE DE CENTRALITE moins élevé (i.e. traitent plus d'informations) que les MDC des équipes n'ayant pas identifié l'avarie de bypass.
- H2.2e: Les **TSP** des équipes ayant **identifié l'avarie de bypass** ont un **DEGRE DE CENTRALITE moins élevé** (i.e. traitent plus d'informations) que les TSP des équipes n'ayant pas identifié l'avarie de bypass.

XI.5.2.2. Résultats

Les résultats montrent une différence significative de la centralité du MDC et du BAR en fonction de la tenue de l'IP. Mais ils ne révèlent pas de différence significative pour la centralité de l'OCQ (cf. Figure 36).

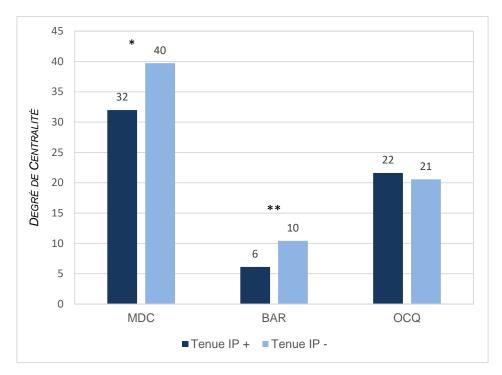


Figure 36. — Centralité du MDC, du barreur et de l'OCQ en fonction de la performance de tenue de l'IP. $(*=p<0.05\;;\;**=p<0.01\;;\;***=p<0.001)$

- Les MDC des équipes ayant tenu l'IP ont un DEGRE DE CENTRALITE moins élevé que les MDC des équipes n'ayant pas tenu l'IP (ANOVA; F(1, 14)=8,5; p<0,05). L'hypothèse H2.2a est vérifiée.
- Les barreurs des équipes ayant tenu l'IP ont un DEGRE DE CENTRALITE moins élevé (i.e. traitent plus d'informations) que les barreurs des équipes n'ayant pas tenu l'IP (ANOVA; F(1, 14)=9,3; p<0,001). L'hypothèse H2.2b est vérifiée.</p>
- Il n'y a pas de différence significative entre le DEGRE DE CENTRALITE des OCQ des équipes ayant tenu l'IP et celui des OCQ des équipes n'ayant pas tenu l'IP. L'hypothèse H2.2c n'est pas vérifiée.
- Les résultats ne montrent en revanche pas de différence significative de la centralité du
 MDC et du TSP, en fonction de l'identification de l'avarie de bypass (cf. Figure 37).

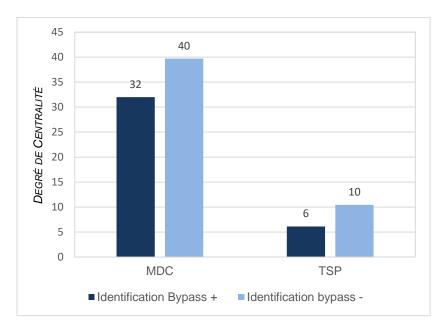


Figure 37. — Centralité du MDC et du TSP en fonction de la performance d'identification de problème de bypass.

(* = p < 0.05; ** = p < 0.01; *** = p < 0.001)

Il n'y a **pas de différence** significative entre le *DEGRE DE CENTRALITE* des **MDC** et des **TSP** des équipes ayant **identifié l'avarie de bypass** d'une part, et celui des MDC et des TSP des équipes n'ayant pas identifié l'avarie de bypass d'autre part. Les hypothèses H2.2d et H2.2e ne sont pas vérifiées.

XI.5.3. Lien entre la contribution du MDC et la performance

XI.5.3.1. Hypothèses

La littérature fait peu état de résultats concernant le lien entre la centralité d'un chef d'équipe et la performance collective. Certains auteurs mettent en avant que la centralité plus importante d'un opérateur ayant un rôle charnière dans le réseau pourrait permettre de transmettre plus rapidement des informations entre les membres de l'équipe distants et, par conséquent, favoriserait la performance (Balkundi & Harrison, 2006; Burt, 1992). La place centrale des chefs d'équipe dans la distribution des informations au sein du réseau conduit à penser que ces derniers peuvent avoir un impact important sur la performance collective (Friedkin & Slater, 1994; Levi, Torrance, & Pletts, 1954).

Nous pensons que, dans un réseau, la centralité d'un opérateur tel que le chef d'équipe dépend fortement de la tâche à accomplir. Dans notre cas, on peut penser que la contribution du MDC dans les communications de l'équipe sera différente, selon que la performance examinée concerne la tenue de l'IP ou bien l'identification de l'avarie de bypass.

En effet, la tenue de l'IP requiert une alimentation continue de la CS du chef d'équipe, de façon à prendre les décisions adaptées. Ceci nous conduit à penser que les MDC des équipes performantes fournissent une contribution individuelle plus importante que les MDC des équipes moins performantes. Nous opérationnalisons ceci de la façon suivante :

- H2.3a: Les MDC des équipes ayant tenu l'IP transmettent plus d'informations que les autres membres de l'équipe en comparaison avec les MDC des équipes n'ayant pas tenu l'IP.
- H2.3b : Les MDC des équipes ayant tenu l'IP reçoivent plus d'informations que les autres membres de l'équipe en comparaison avec les MDC des équipes n'ayant pas tenu l'IP.

On peut faire l'hypothèse que l'identification de l'avarie est une étape de résolution de problème dans laquelle il est important que la contribution soit plus distribuée entre les membres de l'équipe, de façon à confronter les CS de chacun. Les hypothèses opérationnelles sont les suivantes :

- H2.3c : Les MDC des équipes ayant identifié l'avarie de bypass transmettent moins d'informations que les autres membres de l'équipe en comparaison avec les MDC des équipes n'ayant pas identifié l'avarie de bypass.
- H2.3d: Les MDC des équipes ayant identifié l'avarie de bypass reçoivent plus d'informations que les autres membres de l'équipe en comparaison avec les MDC des équipes n'ayant pas identifié l'avarie de bypass.

XI.5.3.2. Résultats

Les résultats montrent une contribution du MDC par rapport aux autres membres de l'équipe significativement différente en fonction de la tenue de l'IP (cf. Figure 38 et cf. Figure 39).

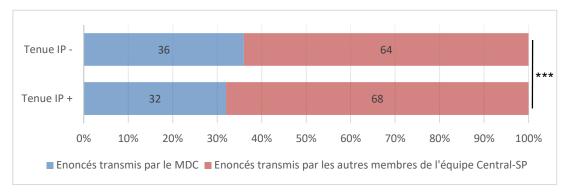


Figure 38. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC et par les autres opérateurs, en fonction de la performance de tenue de l'IP. (Voir résultats bruts en Annexe 9, Tableau 46) $(*=p<0.05\;;\;**=p<0.01\;;\;***=p<0.001)$

Les MDC des équipes ayant tenu l'IP transmettent moins d'informations que les autres membres de l'équipe en comparaison avec les MDC des équipes n'ayant pas tenu l'IP (χ^2 (ddl=1) = 16,91; p<0,001). L'hypothèse H2.3a est vérifiée.

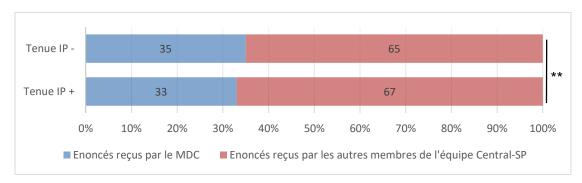


Figure 39. — Proportion d'énoncés reçus par le MDC et par les autres opérateurs en fonction de la performance de tenue de l'IP. (Voir résultats bruts en Annexe 9, Tableau 46) $(*=p<0.05\;;\;**=p<0.01\;;\;***=p<0.001)$

Les MDC des équipes ayant tenu l'IP reçoivent aussi moins d'informations que les autres membres de l'équipe en comparaison avec les MDC des équipes n'ayant pas tenu l'IP (χ^2 (ddl=1) = 6,92; p=0,008). L'hypothèse H2.3b est vérifiée.

Les résultats montrent également une contribution du MDC par rapport aux autres membres de l'équipe significativement différente en fonction de l'identification de l'avarie de bypass (cf. Figure 40 et Figure 41).

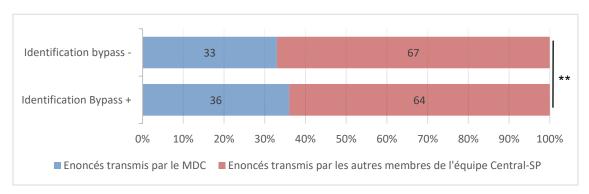


Figure 40. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC et par les autres opérateurs en fonction de la performance d'identification de problème de bypass. (Voir résultats bruts en Annexe 9, Tableau 48) $(*=p<0.05\;;\;**=p<0.01\;;\;***=p<0.001)$

Les MDC des équipes ayant identifié l'avarie de bypass transmettent plus d'informations que les autres membres de l'équipe en comparaison avec les MDC des équipes n'ayant pas identifié l'avarie de bypass (χ^2 (ddl=1) = 7,38; p=0,007). **L'hypothèse H2.3c est vérifiée.**

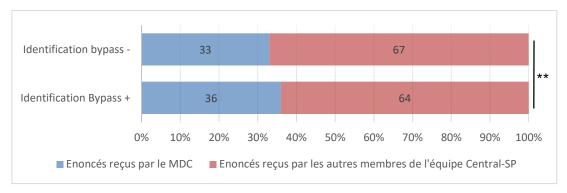


Figure 41. — Proportion d'énoncés reçus par le MDC et par les autres opérateurs en fonction de la performance d'identification de problème de bypass. (Voir résultats bruts en Annexe 9, Tableau 46) $(*=p<0.05\;;\;**=p<0.01\;;\;***=p<0.001)$

Les MDC des équipes ayant identifié l'avarie de bypass reçoivent également plus d'informations que les autres membres de l'équipe en comparaison avec les MDC des équipes n'ayant pas identifié l'avarie de bypass (χ^2 (ddl=1) = 8,71; p=0,003). L'hypothèse H2.3d est vérifiée.

XI.5.4. Lien entre *performance* et *flux de communication* au sein des triades du module Central-SP

XI.5.4.1. Hypothèses

La proportion des échanges entre le chef d'équipe et les membres des triades auxquelles il appartient permet de faire une analyse fine de la façon selon laquelle la communication se structure autour de cet opérateur central et des liens que cela peut avoir avec la performance collective.

Nous faisons l'hypothèse que la performance collective est liée à la manière dont se répartissent les échanges entre le MDC et les membres des triades auxquelles il appartient. Nous supposons également que cette répartition, qui émerge du compromis réalisé par le MDC, entre d'une part la supervision de ses coéquipiers, et d'autre part les mises à jour sur la situation avec le commandement, est différente selon que la performance examinée concerne la tenue de l'IP ou l'identification de l'avarie de bypass.

Du fait que la tenue de l'IP dépende en grande partie des décisions rapides qui peuvent être prises pour adapter la vitesse en fonction de la qualité de la pesée, nous faisons l'hypothèse que l'équilibre de la contribution du MDC au sein des deux triades auxquelles il appartient est lié à la performance de tenue de l'IP. Nous pensons qu'un lien plus étroit avec le commandement (c'est-à-dire une proportion d'échanges plus importante avec le commandement, par rapport aux échanges avec les membres de l'équipe SP) permet une meilleure tenue de l'IP. En effet, seul le commandement est habilité à fournir les autorisations de changement de vitesse. Par conséquent, la fréquence des

échanges entre le MDC et le commandement conditionne la rapidité de la mise en œuvre d'actions correctrices sur l'immersion. Nous opérationnalisons cette hypothèse comme suit :

- H2.4a: La proportion d'énoncés transmis par les MDC au commandement des équipes ayant tenu l'IP est plus importante que celle des MDC des équipes n'ayant pas tenu l'IP.
- H2.4b : La proportion d'énoncés reçus par les MDC du commandement des équipes ayant tenu l'IP est plus importante que celle des MDC des équipes n'ayant pas tenu l'IP.

Pour ce qui est de l'identification du problème de bypass, le commandement a un rôle nettement plus indirect. En revanche, on peut penser que la proportion d'échanges entre les membres de l'équipe SP est liée à l'identification de l'avarie. Nous faisons les hypothèses suivantes :

- H2.4c: La proportion d'énoncés transmis par les MDC à ses coéquipiers de l'équipe SP pour les équipes ayant identifié l'avarie de bypass est plus importante que celle des MDC des équipes n'ayant pas identifié l'avarie de bypass.
- H2.4d : La proportion d'énoncés reçus par les MDC de ses coéquipiers de l'équipe SP pour les équipes ayant identifié l'avarie de bypass est plus importante que celle des MDC des équipes n'ayant pas identifié l'avarie de bypass.

XI.5.4.2. Résultats

Les résultats montrent une différence significative dans la proportion d'énoncés échangés entre le MDC et le commandement, en fonction de la **tenue de l'IP** (cf. Figure 42 et Figure 43).

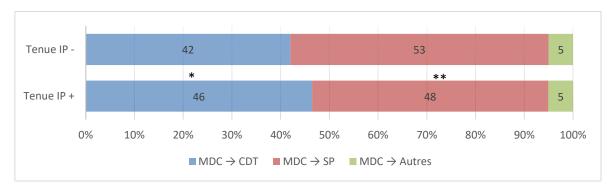


Figure 42. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC aux différents groupes en fonction de la performance de tenue de l'IP. (Voir résultats bruts en Annexe 8, Tableau 44) (*=p<0.05; **=p<0.01; ***=p<0.001)

La proportion d'énoncés transmis par les MDC au **commandement** pour les équipes ayant **tenu l'IP** est significativement plus importante que celle des MDC des équipes n'ayant **pas tenu l'IP** (χ^2 (ddl=1) = 6,18; p=0,01). **L'hypothèse H2.4a est vérifiée.**

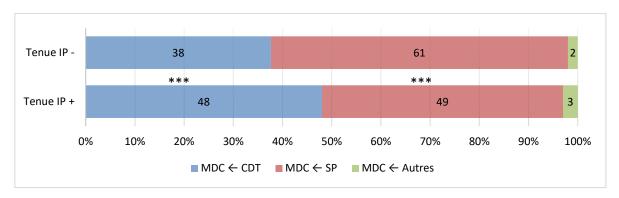


Figure 43. — Proportion d'énoncés reçus par le MDC et transmis par les différents groupes en fonction de la performance de de tenue de l'IP. (Voir résultats bruts en Annexe 8, Tableau 45) $(*=p<0.05\ ;\ **=p<0.01\ ;\ ***=p<0.001)$

La proportion d'énoncés **reçus par les MDC du commandement** pour les équipes ayant **tenu l'IP** est significativement **plus importante** que celle des MDC des équipes n'ayant pas tenu l'IP (χ^2 (ddl=1) = 35,39; p<0,001). L'hypothèse H2.4b est vérifiée.

On note un lien significatif inverse de la proportion d'échanges entre le MDC et ses coéquipiers de l'équipe SP, en fonction de la tenue de l'IP. Les MDC des équipes qui ont tenu l'IP ont transmis proportionnellement moins d'informations de leurs coéquipiers de l'équipe SP, en comparaison des MDC des équipes qui n'ont pas tenu l'IP (χ^2 (ddl=1) = 7,41; p=0,006). Les MDC des équipes qui ont tenu l'IP ont également reçu proportionnellement moins d'informations de leurs coéquipiers de l'équipe SP que les MDC des équipes qui n'ont pas tenu l'IP (χ^2 (ddl=1) = 43,93; p<0,001).

Les résultats ne montrent pas de différence significative dans la proportion d'énoncés échangés entre le MDC et le commandement en fonction de l'identification de l'avarie de bypass (cf. Figure 44 et Figure 45).

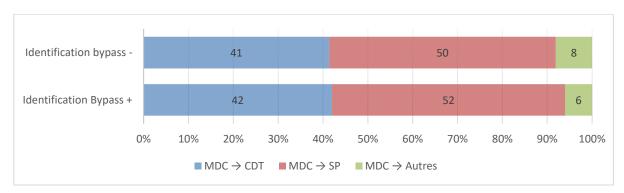


Figure 44. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC aux différents groupes en fonction de la performance d'identification de problème. (Voir résultats bruts en Annexe 8, Tableau 44)

La proportion d'énoncés transmis par les MDC à ses coéquipiers de l'équipe SP pour les équipes ayant identifié l'avarie de bypass n'est pas significativement différente de celle des MDC des équipes n'ayant pas identifié l'avarie de bypass. L'hypothèse H2.4c n'est pas vérifiée.



Figure 45. — Proportion d'énoncés reçus par le MDC et transmis par les différents groupes en fonction de la performance d'identification de problème. (Voir résultats bruts en Annexe 8, Tableau 45) $(*=p<0.05\;;\;**=p<0.01\;;\;***=p<0.001)$

La proportion d'énoncés reçus par les MDC de ses coéquipiers de l'équipe SP pour les équipes ayant **identifié l'avarie de bypass** n'est pas significativement différente de celle des MDC des équipes n'ayant **pas identifié l'avarie de bypass**. L'hypothèse H2.4d n'est pas vérifiée.

XI.5.5. Synthèse et interprétation des résultats de l'Axe 2

XI.5.5.1. Lien entre la quantité d'informations traitée par les membres de l'équipe SP-OCQ et la performance collective

Nous avons pu mettre en évidence une décentralisation du réseau pour les équipes ayant tenu l'IP, par rapport à celles qui ne l'ont pas tenue. Aucune différence n'a cependant été observée concernant la centralisation du réseau, en fonction de la performance d'identification du bypass. Ces résultats ne nous permettent de confirmer qu'en partie les observations rapportées dans la littérature sur les réseaux plus décentralisés dans des situations complexes et de résolution de problème (Ahuja & Carley, 1999; Bavelas, 1950; Cummings, 2004; Duncan, 1973; Leavitt, 1951).

Nous interprétons le lien entre la décentralisation du réseau et la performance de tenue de l'IP comme un argument en faveur d'une contribution plus homogène de chacun des membres de l'équipe, ce qui favoriserait une meilleure distribution des informations au sein du réseau. La présence d'un lien entre la centralisation du réseau et la performance de tenue de l'IP, et l'absence de lien entre la centralisation du réseau et la performance d'identification du bypass, pourrait s'expliquer par les caractéristiques de ces deux tâches. La tâche de tenue de l'IP requiert une transmission constante des informations au sein de l'équipe, de façon que le chef d'équipe puisse proposer des actions correctrices rapides au commandement. Quant à la tâche d'identification du

bypass, elle dépend probablement moins de la quantité d'informations transmises, mais plutôt de la nature de ces informations.

Les résultats relatifs à la centralité vont dans le sens de cette interprétation, puisqu'un lien a été observé entre la centralité des opérateurs pour la performance de tenue de l'IP, mais pas pour l'identification du bypass. Cependant, ce lien ne va pas dans le sens de notre interprétation puisque les MDC et les barreurs des équipes ayant tenu l'IP traitent moins d'informations que leurs homologues des équipes n'ayant pas tenu l'IP. Des résultats similaires avaient été observés par Schraagen et Barth (2015) pour des équipes en situation complexe et ne correspondaient pas à leurs hypothèses de départ. Ces derniers avaient finalement imputé la quantité moins importante de communications en situation complexe à une charge de travail plus élevée, conformément aux travaux d'Orasanu (1990). Dans notre cas, la quantité plus importante d'informations traitées par les MDC et les barreurs des équipes n'ayant pas tenu l'IP ne traduit probablement pas la cause, mais plutôt la conséquence des difficultés rencontrées par ces opérateurs. Du fait que la tenue de l'IP constituait un problème important pour ces équipes, la communication s'est probablement centrée sur les opérateurs les plus impliqués dans cette tâche, à savoir le MDC et le TSP. L'étude 3 (§ 0) sera l'occasion d'investiguer plus en détail les mécanismes cognitifs mobilisés dans le partage de ces informations et de discuter de leur lien avec la performance.

Aucun lien n'a été observé entre la contribution de l'OCQ et la performance de tenue de l'IP, possiblement du fait que son implication dans cette tâche est plus indirecte que celle du MDC et du barreur.

XI.5.5.2. Lien entre la performance collective et les proportions d'échanges entre le MDC et autres membres de l'équipe

Nos résultats démontrent que les MDC des équipes ayant tenu l'IP transmettent et reçoivent moins d'informations que leurs coéquipiers, comparés aux MDC des équipes n'ayant pas tenu l'IP. Ainsi, les communications d'une équipe qui a du mal à tenir l'IP se centralisent autour du chef d'équipe.

Les MDC des équipes ayant identifié l'avarie de bypass transmettent et reçoivent, quant à eux, plus d'informations de/vers les autres membres de l'équipe, comparés aux MDC des équipes n'ayant pas identifié l'avarie de bypass. Cela traduit une importance particulière du MDC dans l'identification du problème de bypass puisque cette identification est effectuée par les équipes dans lesquelles plus d'informations passent par le MDC.

Nos résultats concernant la performance de tenue de l'immersion périscopique vont à l'encontre des résultats de la méta-analyse de (Balkundi & Harrison, 2006) qui révélaient une centralité plus

importante des chefs des équipes performantes. Par contre, nos résultats concernant la performance d'identification du bypass les confirment. Ceci nous montre que les communications se structurent différemment en fonction des tâches réalisées par l'équipe. Ces différences structurelles observées dans les échanges impliquant le chef d'équipe constituent un argument fort en faveur de l'implication du chef d'équipe dans les processus d'adaptation qui permettent l'élaboration de la CS collective.

Concernant les liens entre la performance et le compromis réalisé par le MDC dans ses stratégies de communication avec le commandement et son équipe SP, nous avons pu observer des différences significatives pour la tenue de l'IP, mais pas pour l'identification de l'avarie de bypass. Les MDC des équipes ayant tenu l'IP ont plus échangé avec le commandement, et moins avec les membres de l'équipe SP, par comparaison aux MDC des équipes qui n'ont pas tenu l'IP. Ce résultat nous conduit à penser qu'une relation étroite avec le commandement permet une meilleure tenue de l'IP. Ceci permet au MDC de réagir plus rapidement à la perte de l'IP induite par une pesée difficile à réaliser, d'augmenter la vitesse avec l'accord du commandement et ainsi de ne pas couler.

Nous n'avons pas mis en évidence de différence significative concernant la répartition des échanges entre le MDC et ses coéquipiers, en fonction de l'identification de l'avarie de bypass. Nous avons déjà évoqué une explication possible de l'absence de lien entre caractéristiques structurelles de la communication et l'identification de problème, qui pourrait être due au fait que la quantité d'informations échangées entre les opérateurs ne renseigne pas sur la qualité de ces mêmes informations (Espevik, Johnsen, & Eid, 2011).

XI.6. Discussion

XI.6.1. Discussion des principaux résultats

XI.6.1.1. La place centrale du chef d'équipe dans les communications

L'analyse descriptive de la structure des réseaux de communication des équipes Central-SP nous a permis d'objectiver la place centrale du MDC, en tant que chef d'équipe, dans la distribution des informations. Ce résultat est cohérent avec l'analyse de l'activité d'autres équipes de type *command* and control dans la marine militaire (Schraagen & Post, 2014).

Nous avons été en mesure de déterminer que la conscience de la situation du MDC s'élabore principalement à partir d'informations qui lui sont fournies par l'OCQ, le TSP et le barreur. Réciproquement, le MDC constitue également une ressource importante pour ces trois opérateurs, puisque la grande majorité de ses communications leur sont destinées.

XI.6.1.2. L'impact de l'expérience sur les transmissions du MDC et du Barreur

L'expérience du MDC détermine le rôle qu'il joue dans la transmission des informations : les MDC contribuent plus à la transmission des informations que leurs coéquipiers lorsqu'ils sont expérimentés. Nous avons également observé un rôle plus important des barreurs expérimentés par rapport à leurs coéquipiers dans la transmission d'informations au MDC.

Ces résultats nous montrent que l'expérience du MDC et du barreur a une influence sur le rôle qu'ils jouent dans la transmission d'informations, dans le sens d'une *centralité* plus importante lorsqu'ils sont expérimentés. Ceci nous conduit à penser que leur rôle dans la communication est différent de celui des autres opérateurs.

Nous pensons que le point commun entre le MDC et le barreur est l'importance que prend la transmission des informations dans leur activité, non pas en quantité absolue mais en proportion par rapport à leurs coéquipiers, ce qui implique l'effet de leur expérience sur leur contribution dans la transmission d'informations. Il sera intéressant d'examiner par une analyse du contenu des échanges ce qui différencie la communication de ces deux opérateurs de celle des autres membres de l'équipe.

XI.6.1.3. L'ajustement des opérateurs ayant un poste à responsabilité à l'expérience de leurs coéquipiers

Les différences de contribution du MDC en fonction de l'expérience de ses coéquipiers nous ont aussi permis de mettre en évidence une contribution plus importante des MDC expérimentés dans la transmission d'informations au TSP et à l'OCQ. Ce résultat souligne l'impact de l'expérience des coéquipiers du MDC sur sa propre communication, particulièrement lorsque ces co-équipiers constituent des intermédiaires importants avec le reste du réseau, tels que le TSP et l'OCQ.

Nous avons aussi observé des différences de contribution concernant ce que transmet l'OCQ au MDC, dépendantes de l'expérience du MDC, dans le sens d'une proportion plus importante de communication quand le MDC est moins expérimenté.

Pour les autres membres de l'équipe, nous n'avons pas mis en évidence de différences qui pourraient rendre compte d'un ajustement particulier de leur façon de communiquer, en fonction de l'expérience du MDC. Cela ne signifie pas forcément que cette adaptation n'existe pas, mais elle n'est pas observable au travers de l'analyse de la structure des communications.

Le fait que cette adaptation communicationnelle soit observable pour le MDC et l'OCQ, mais pas pour le barreur et le TSP, est un résultat très intéressant. Le MDC et l'OCQ occupent des postes qui impliquent une responsabilité vis-à-vis de leurs subalternes. A ces postes, la supervision de l'activité

des autres prend une importance particulière. Ceci nous conduit à penser que les opérateurs qui occupent des postes de responsabilité hiérarchique sont plus susceptibles de s'adapter à l'expérience de leurs coéquipiers, contrairement aux opérateurs n'occupant pas ce type de poste.

Un autre facteur explicatif de cette adaptation est également la position géographique du MDC dans le module SP. Cette position pourrait avoir un impact sur la fréquence des communications. Nous avons pu observer un positionnement préférentiel des MDC près des opérateurs novices. Cette interprétation est corroborée par les stratégies de prise d'information et de communication qui nous ont été rapportées par les MDC lors des entretiens d'autoconfrontation.

XI.6.1.4. Lien entre la nature des tâches et la structure de la communication

Nos résultats relatifs au lien entre la structure de la communication et la performance ont mis en évidence des différences structurelles des réseaux, associées à chacun des indices de performance.

Les réseaux de communication des équipes ayant tenu l'immersion présentent les caractéristiques suivantes :

- Une faible centralisation du réseau de communication par rapport aux autres équipes ;
- Une quantité d'informations traitées par le MDC et le barreur plus faible ;
- Des proportions de transmission et de réception moins importantes pour le MDC ;
- Une communication du MDC plus tournée vers les membres de son équipe SP que vers le commandement par rapport aux autres équipes.

Ces caractéristiques montrent qu'une décentralisation du réseau de communication de l'équipe, et particulièrement de la place du MDC dans ce réseau, est liée à une meilleure tenue de l'immersion. Plusieurs auteurs ont mis en avant que la décentralisation d'un réseau rend compte d'une distribution des informations plus homogène entre les opérateurs ((Schraagen et al., 2010; Stanton et al., 2012) et qu'elle favoriserait la rapidité de transmission des informations, ainsi que le partage des représentations de chacun (Balkundi & Harrison, 2006; Brown & Miller, 2000; Burt, 1992). Pendant la Z2, il est possible que cette décentralisation soit associée à une meilleure distribution des informations relatives à l'immersion, ce qui permet aux équipes présentant ce type de communication d'élaborer une CS distribuée de façon plus homogène et bénéfique à la tenue de l'IP.

Les réseaux de communication des équipes ayant identifié l'avarie de bypass présentent, quant à eux, les caractéristiques suivantes :

- Une distribution des centralités qui n'est pas significativement différence de celle des autres équipes ;
- Un compromis effectué par le MDC entre la communication avec son équipe SP et avec le commandement qui n'est pas significativement différent des autres équipes ;
- Une contribution plus importante du MDC dans ce qu'il transmet et reçoit par rapport aux autres membres de l'équipe.

Ces résultats sont différents de ceux associés aux équipes ayant tenu l'IP. Ils mettent en avant une absence de lien entre la quantité absolue d'énoncés traités par les membres de l'équipe et l'identification de l'avarie de bypass. Ces résultats ne permettent donc pas de confirmer ceux de Park (2012) et de Stanton et Sorensen (2016) qui observaient un lien positif entre la quantité de communication échangée et la performance de résolution de problème. Nos hypothèses étaient par ailleurs inverses, puisque nous nous attendions à observer une quantité plus faible de communication chez les équipes n'ayant pas identifié l'avarie. Plusieurs auteurs ont en effet observé une baisse de la communication causée par le dépassement de ressources cognitives ((Cross & Cummings, 2004; Xiao et al., 2003), ce qui aurait pu être le cas pour les opérateurs de l'équipe SP en Z2 du fait de l'impossibilité de comprendre le problème pour se peser. Nous interprétons l'absence de lien comme le signe d'une flexibilité du réseau de communication concernant la résolution de problème. Il est probable que la quantité de communication ne soit pas un facteur explicatif de la capacité à identifier un problème, contrairement à la pertinence des informations échangées ou aux tâches sur lesquelles portent la communication (Park, 2012)

La place plus importante du MDC observée dans les réseaux de communication des équipes ayant identifié l'avarie de bypass nous a montré que le MDC occupe un rôle important dans la résolution de problème.

Le premier élément important que nous tirons de ces résultats est que les communications se structurent différemment en fonction des tâches impliquées dans la performance et réalisées par l'équipe. Les caractéristiques des tâches qui ont un impact sur la structure de la communication sont leur temporalité, ainsi que l'importance que leur réalisation revêt pour la poursuite des buts. Les résultats relatifs à la structure de la communication de l'équipe Central-SP en Z2 illustrent bien les ajustements que ces équipes doivent réaliser, notamment concernant le rôle plus ou moins important que prend le chef d'équipe dans la communication en fonction des tâches à réaliser. Alors qu'une contribution plus importante de ce dernier pourrait permettre une meilleure résolution de problème, elle peut en même temps être délétère pour la poursuite d'autres buts opérationnels, tels que la tenue de l'IP.

Ces différences structurelles observées dans les échanges impliquant le chef d'équipe en rapport avec la performance collective constituent un argument fort en faveur de l'implication du chef d'équipe dans les processus d'adaptation qui permettent l'élaboration de la CS collective (Schraagen et al., 2010; Stanton et al., 2012) et l'atteinte des buts (Friedkin & Slater, 1994; Levi et al., 1954).

Le deuxième élément important que nous avons pu mettre en évidence porte sur une relative flexibilité du réseau de communication de l'équipe Central-SP. Celle-ci est objectivée à la fois par les différences structurelles que nous avons observées, mais aussi par une variance importante de la centralité des opérateurs. Cette flexibilité montre que, même au sein d'une architecture de type command and control dans laquelle les procédures et la dimension hiérarchique conditionnent fortement les communications des opérateurs, il est possible de mettre en avant des différences structurelles dans les réseaux de communication des équipes.

XI.6.2. Besoin d'une analyse plus fine des transactions

Cette étude 2 nous a permis de discuter du rôle du chef d'équipe dans les processus d'adaptation de la communication qui sont impliqués dans l'élaboration de la CS collective de l'équipe Central-SP. Néanmoins, cette analyse n'est pas suffisante pour identifier la nature de ces processus, et plus particulièrement les processus cognitifs sous-jacents à la communication qui permettent aux membres de l'équipe Central-CP de partager les informations nécessaires pour atteindre une performance collective satisfaisante.

L'analyse de ces processus nous permettra de préciser les caractéristiques des processus cognitifs mobilisés par les membres de l'équipe, et qui participent aux tâches de conduite et de résolution et problème.

XI.6.3. Nécessité de développer des métriques collectives adaptées au réseau étudié

Au niveau méthodologique, nous rejoignons le constat de Schraagen et Post (2014) sur l'intérêt d'analyser la structure de la communication en s'approchant autant que possible de situations réelles, dans des phases complexes d'activité et dans lesquelles plusieurs tâches doivent être réalisées simultanément. L'analyse de ce type de situations s'accompagne néanmoins de précautions méthodologiques à considérer sérieusement.

L'étude 2 présentée dans ce chapitre a été l'occasion de proposer une méthode permettant l'analyse de la structure du réseau de communications verbales des équipes Central-SP. Cela a nécessité d'adapter les métriques proposées dans le champ de la *Social Network Analysis* aux contraintes

spécifiques de notre situation d'étude et à nos questions de recherche. Il nous semble que cette adaptation n'est pas systématiquement réalisée par les chercheurs qui utilisent les métriques issues de la *Social Network Analysis*. Nous pensons notamment à l'utilisation de métriques non pondérées qui sont utilisées pour l'analyse de matrices pondérées, issues des réseaux de communication d'une équipe (Barth et al., 2015; Walker et al., 2009). Une solution proposée par Park (2011) consiste à transformer les matrices pondérées en matrices d'adjacence, dont les relations pondérées sont transformées en relations dichotomiques (absence ou présence de relation) en fonction d'un seuil de pondération prédéfini. Cette méthode nous parait discutable, dans la mesure où elle fait disparaître des relations existantes entre les opérateurs, en l'occurrence celles qui se trouvent en dessous du seuil, et que ce seuil est arbitraire.

La question de la pertinence des métriques soulève la question plus large de la validité des méthodes utilisées. Il serait dommageable pour la recherche en ergonomie qu'une trop grande complexité des méthodes mathématiques initialement utilisées pour « mettre en évidence des caractéristiques interactionnelles qui ne sont pas visibles par simple analyse visuelle des réseaux » (Harary, 1994), soit paradoxalement cause de confusion dans l'analyse.

Pour éviter cet écueil, il est à notre avis nécessaire de définir clairement les caractéristiques des réseaux étudiés, et leur compatibilité avec les métriques utilisées, en particulier lorsqu'elles sont issues de logiciels d'analyse des réseaux sociaux.

Chapitre XII. ETUDE 3 : Emergence d'une Conscience collective de la Situation (CcS) : un processus dynamique de *transactions* de Conscience individuelle de la Situation (CiS)

XII.1. Objectifs

Dans l'étude précédente, nous avons analysé les caractéristiques des flux de communication pendant la zone 2, et le lien que ces caractéristiques interactionnelles peuvent avoir avec la performance et en fonction l'expérience des opérateurs. Nous avons confirmé la place centrale du MDC dans le réseau de communication, et avons montré que la structure des communications diffère en fonction de l'expérience des opérateurs, et de la performance collective. Cette analyse structurelle du réseau de communication (présentée au chapitre XI) englobait toutes les tâches menées au cours de l'activité des sous-mariniers en zone 2 (présentée au chapitre X). Nous avons choisi de centrer la présente étude sur deux tâches qui sont centrales dans la poursuite des objectifs opérationnels. Elles seront présentées dans la première section de ce chapitre.

L'objectif est d'identifier les invariants interactionnels qui sous-tendent l'élaboration collective de la conscience de la situation, en fonction de la performance opérationnelle. Nous considérerons que cette élaboration collective s'opère au travers de *transactions* entre chaque membre de l'équipe. Le contenu de ces transactions est constitué *d'activités cognitives élémentaires*. Nous faisons l'hypothèse que ces activités cognitives qui mobilisées dans les mécanismes interactionnels dépendent de l'expérience des opérateurs et qu'elles sont en lien avec la performance opérationnelle. Dans la présente étude, nous nous focaliserons sur le rôle du chef d'équipe. Pour rendre compte du caractère transactionnel du processus d'élaboration collective de la conscience de la situation, nous avons construit le modèle TRANSACTIVESA, qui reprend certains éléments du modèle GSD (Gestion de gestion des Situations Dynamiques) décrit dans Hoc et Amalberti (1995, 1999).

XII.2. Principes conceptuels et méthodologiques

XII.2.1. Articuler deux notions complémentaires : la Conscience collective de la situation (CcS) et la Conscience individuelle de la situation (CiS)

Dans notre revue de question, nous avons rappelé que la notion de *conscience de la situation* est abordée selon des approches dont l'unité d'analyse est, soit l'individu (§ IV.3), soit l'équipe (§ V.1.1), soit le système sociotechnique (§ V.1.2). Nous avons souligné (§ V.2) que ces approches sont exclusives les unes des autres. Or, nous considérons que leur articulation est primordiale pour

rendre compte de la complexité de la notion de *conscience de la situation*, dans les environnements C2 dynamiques et à risque, comme celui qui est le nôtre.

Par conséquent, nous proposons d'articuler la notion de *conscience collective de la situation*, que nous nommerons CcS, avec la notion de *conscience individuelle de la situation* que nous nommerons CiS. Nous considérons que la CcS n'est pas un produit, mais qu'elle est un processus de coconstruction, qui s'élabore grâce à des transactions de CiS.

XII.2.2. Choix des tâches

Nous avons choisi d'étudier la tâche de GESTION DE LA PESEE ET DE TENUE DE L'IP, ainsi que la tâche de GESTION DE L'AVARIE DE BYPASS qui est en lien direct avec la réalisation de la pesée. Cette restriction de l'étude à ces deux tâches nous semble nécessaire, de façon à appuyer nos interprétations sur un contexte spécifique et donner ainsi une assise écologique plus importante à l'analyse. Le choix de la tenue de l'immersion périscopique et de la réalisation de la pesée comme tâches spécifiques se justifie par le fait que ces tâches constituent les objectifs principaux de Z2, la réussite opérationnelle dépendant directement de leur bonne réalisation. De plus, la résolution du problème de bypass est la seule avarie qui implique tous les opérateurs du module Sécurité-Plongée (§ X.3.2). Pour étudier les processus d'élaboration collective de la conscience de la situation, il était nécessaire que tous les opérateurs de l'équipe soient impliqués dans la tâche analysée.

XII.2.3. Nécessité d'un modèle-cadre pour décrire les mécanismes d'élaboration de la CcS en situation dynamique et à risques

Les caractéristiques de notre environnement d'étude (§ Chapitre II) imposent de mobiliser un modèle théorique pertinent pour analyser l'élaboration de la CcS dans un système sociotechnique complexe, en situation dynamique. Le modèle devra rendre compte des situations de résolution de problèmes complexes qui surviennent lors de la conduite et de la supervision de processus par des équipes en situation naturelle. Or, comme nous l'avons mis en avant dans la revue de question, aucun modèle collectif de la CS proposé dans la littérature ne réunit l'ensemble de ces prérequis.

Par conséquent, nous avons fait le choix de nous tourner vers un modèle individuel, le modèle-cadre des processus cognitifs de Gestion des Situations Dynamiques (GSD) de Hoc et Amalberti (1995). Celui-ci présente l'avantage de prendre en compte les caractéristiques de l'élaboration de la CiS en situation dynamique et naturelle, pour les raisons suivantes :

- Il permet de faire le lien entre le contrôle de processus dynamique et l'élaboration de la conscience de la situation, comme cela a été proposé par Van Westrenen & Praetorius (2014).

- Il est adapté à l'étude de la conscience de la situation dans des situations réelles ;
- Les représentations mentales y sont considérées comme finalisées, ce qui permet de garder un lien fort avec l'activité ;
- Il identifie de façon détaillée les processus cognitifs impliqués dans les activités de diagnostic, sans imposer de linéarité entre les étapes d'évaluation de la situation et de préparation à l'action;
- Il accorde une importance particulière aux stratégies d'anticipation ;
- Il mobilise le concept de *compromis cognitif*, lequel nous semble pertinent pour rendre compte de l'existence concomitante de modes de fonctionnement parallèles permettant : (i) un contrôle étroit du processus par des mécanismes cognitifs opérant à un niveau d'abstraction élevé, (ii) d'agir avec un niveau d'abstraction moins élevé par besoin d'économie (de temps et de ressources). Le concept de *compromis cognitif*, introduit par (Vermersch, 1978), puis repris dans les modèles SRK (Rasmussen, 1986) et GSD (Hoc et Amalberti, 1995), est le seul (avec le modèle du *Sensemaking*) qui tente d'articuler de façon étroite les processus cognitifs d'élaboration de la CiS avec la dynamique de la situation.
- Il permet de rendre compte de la synchronisation des processus, caractéristique importante dans l'activité du module SP du fait de la nécessité de réaliser en parallèle des tâches de conduite et de résolution de problèmes.
- Il se trouve épistémologiquement à la frontière entre les visions triadiques et dyadiques de la cognition.

Nous considérons, avec Amalberti (2001) que la notion de représentation occurrente, telle que décrite dans le modèle GSD, est superposable à la notion de CiS.

XII.2.4. Le modèle transactionnel de la conscience de la situation : TRANSACTIVESA

XII.2.4.1. Brique de base : le module CiS et ses constituants

Le module CiS.— Nous nous sommes inspirés de l'architecture du modèle GSD (Hoc & Amalberti, op.cit.), en l'élargissant aux situations de gestion collective d'un environnement dynamique. Notre démarche a commencé par le choix de l'unité d'analyse, qui peut aller de l'individu à l'équipe, et même représenter le système dans sa globalité. Si une unité d'analyse large permet d'obtenir une vision globale des mécanismes d'élaboration de la conscience de la situation, cela se fait au détriment de la finesse de l'analyse. Dans notre cas, le rôle central de chaque individu (notamment le chef d'équipe) dans l'élaboration de la CcS, nous invite à faire valoir la place spécifique de la

CiS de chaque acteur, au travers d'un composant que nous avons nommé : *module de construction de la CiS*. Ce module est schématisé dans la Figure 46.

Constituant 1 : La représentation occurrente. – Au centre, elle rend compte de la Conscience individuelle de la situation (CiS) élaborée de manière dynamique, en fonction du contexte.

Constituant 2 : Les activités cognitives élémentaires (ACE). – Les ACE sont les constituants responsables de l'élaboration de la CiS. Leur définition est reprise du modèle GSD.

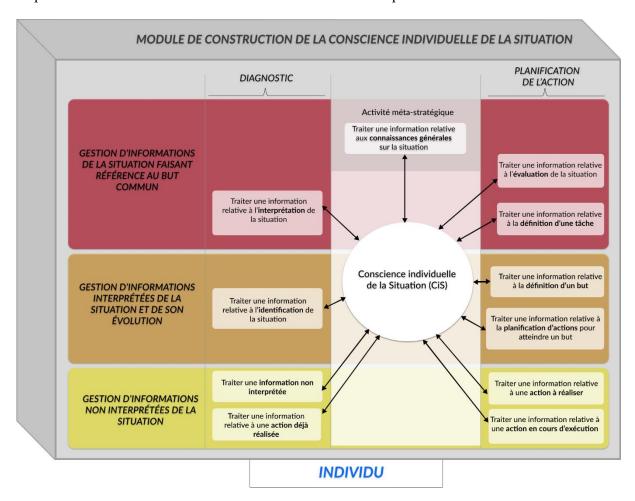


Figure 46. — Module de construction de la Conscience individuelle de la Situation

Constituant 3 : Les trois niveaux de gestion des informations. — Les trois niveaux d'abstraction du modèle GSD sont repris pour représenter la gestion des informations, chacun regroupant plusieurs ACE. Chaque niveau peut être associé à une boucle de régulation à plus ou moins long terme, avec des activités plutôt réactives en bas et anticipatrices en haut. Ces niveaux sont les suivants.

 Niveau de GESTION D'INFORMATIONS NON INTERPRETEES de la situation. — Ce niveau regroupe les activités permettant la construction de la CiS à partir d'informations non interprétées. Ces informations peuvent porter sur l'état de paramètres du système ou sur des actions passées ou présentes. Les informations relatives à la réalisation des actions s'inscrivent aussi dans ce niveau.

- Niveau de GESTION D'INFORMATIONS INTERPRETEES de la situation et de son évolution. Ce niveau regroupe les activités permettant l'alimentation de la CiS à partir d'informations interprétées, ou en lien avec l'évolution de la situation. Cela comprend les informations relatives à l'identification de l'état du système et qui nécessitent un traitement supplémentaire par rapport aux informations qui peuvent être recueillies directement dans l'environnement (principalement sur les interfaces). Il s'agit aussi des informations relatives à l'évolution de l'état du système (passé, présent ou futur), à la planification d'actions et à la définition de buts permettant de réaliser la tâche.
- Niveau de GESTION D'INFORMATIONS DE LA SITUATION faisant référence au BUT COMMUN. Ce niveau regroupe les activités permettant l'interprétation et l'évaluation d'informations en rapport avec le but commun, la définition de la tâche et le recours explicite à des connaissances générales.

Constituant 4 : Le diagnostic et la planification. — Le module de construction de la CiS peut également être lu verticalement, avec à gauche les activités de diagnostic, et à droite les activités de planification des actions.

XII.2.4.2. Le modèle TransactiveSA: la CcS est constituée des transactions entre CiS

Nous avons fait le choix conceptuel de regrouper sous le nom de *transaction* les mécanismes interactionnels qui conduisent chaque membre d'une équipe à modifier, faire évoluer et mettre à jour sa CiS respective, sous l'effet des influences réciproques. Il ne s'agit pas d'une conscience de la situation partagée (au sens des connaissances partagées entre les opérateurs). Notre modèle met au contraire l'accent sur la succession des transactions d'*activités cognitives élémentaires* (ACE), celles-ci s'incarnant dans les communications verbales. C'est le jeu de ces transactions qui permet à chacun des membres de l'équipe d'ajuster la CiS. Nous considérons que la CcS émerge des interactions dans le module SP, principalement à partir de transactions d'ACE entre les CiS des opérateurs, au travers des communications verbales.

La prise en compte de l'adressage dans la communication verbale nous permet de distinguer, pour un individu donné, les mécanismes d'alimentation de sa CiS d'une part, et les mécanismes de manifestation de sa CiS d'autre part. Nous articulons ces deux mécanismes dans un modèle

transactionnel de la conscience de la situation que nous appellerons TRANSACTIVESA. Ce modèle est figuré ci-dessous (Figure 47).

Notre modèle TRANSACTIVESA permet d'identifier les activités d'élaboration de la CcS au travers des mouvements d'*alimentation* et de *partage* de la CiS de chaque membre de l'équipe. La CcS résulte donc des transactions de représentations relatives à l'état du processus et aux actions à mettre en œuvre pour atteindre le but commun. La confrontation des représentations de chacun des membres de l'équipe permet un ajustement continu de leur CiS tout au long de la situation, et in fine, de la CcS.

Les transactions de CiS qui s'effectuent entre deux individus sont matérialisées par les flèches horizontales du modèle TRANSACTIVESA. Ces transactions représentent un échange d'informations relatives à des *activités cognitives élémentaires* correspondantes pour chacun des deux individus. La transmission par l'individu 1 d'une information relative à *l'évaluation de la situation* à l'individu 2 pourra, par le biais de l'ACE « *Traiter une information relative à l'évaluation de la situation* » du module de construction de la CiS de l'individu 2, modifier sa CiS. Chaque transaction de la CiS d'un individu alimente ainsi la CiS d'un autre individu par le biais de leurs ACE respectives. Une transaction de CiS peut être caractérisée par l'ACE à laquelle elle se rapporte ainsi que par le niveau de gestion des informations auquel cette ACE appartient.

Ce processus constitue un cycle continu nommé CcS dont la finalité est l'action sur l'environnement. Nous considérons que la *représentation mentale occurrente*, correspondant à la CiS schématisée au centre de notre modèle, n'est pas accessible en situation naturelle autrement qu'au travers des comportements verbaux.

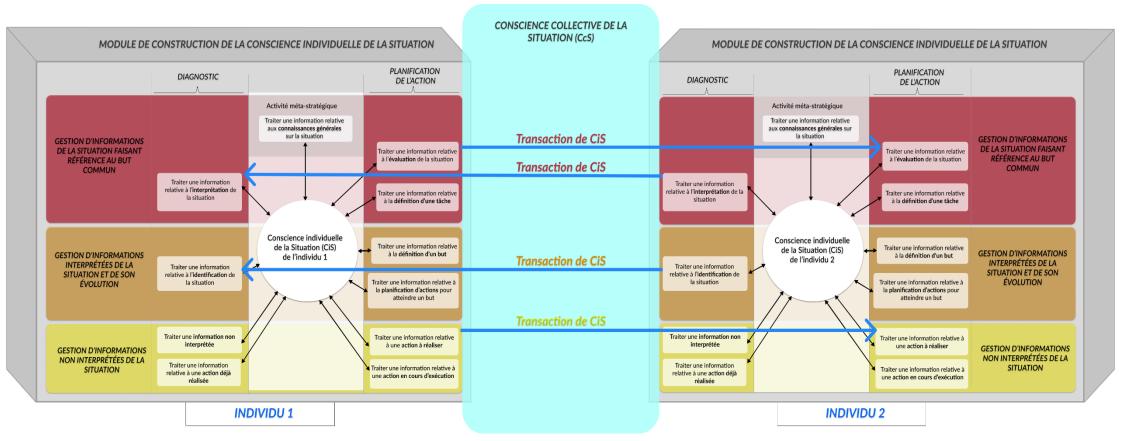


Figure 47. — Modèle TRANSACTIVESA. Les *transactions* figurées dans le schéma (flèches bleues) ne représentent pas de façon exhaustive les *transactions* possibles. Il y a autant de configurations possibles de *transaction* de CiS que d'ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES. Ces ACE sont figurées par les encadrés (blancs) inclus dans le module de construction de la CiS de chaque individu. L'origine et la destination des flèches bleues informent de l'ACE concernée par la *transaction* de CiS, ainsi que le sens de la *transaction*.

XII.3. Méthodologie de traitement des données verbales

Nous présenterons dans cette section la méthode que nous avons développée pour analyser les communications verbales, qui constituent une part importante des comportements permettant à chaque membre de l'équipe d'alimenter et d'ajuster sa CiS à partir de celle des autres.

XII.3.1. Principes méthodologiques

Nous avons à plusieurs reprises justifié de l'intérêt de centrer notre étude sur le rôle du MDC dans les processus interactionnels. De plus, la structure du réseau de communication de l'équipe Central-SP prend forme d'un Y, telle qu'identifiée par Bavelas (1948) et Leavitt (1951), ce qui implique que la majeure partie des communications de l'équipe passent par le chef d'équipe, à savoir le MDC. Ceci nous conduit logiquement à centrer notre étude sur la contribution de ce dernier.

Le modèle TRANSACTIVESA permet de conserver l'unité « individu », tout en rendant compte des processus interactionnels impliqués dans la coconstruction par les membres d'une équipe de la CcS. Ce modèle est par conséquent adapté à l'étude du rôle d'un membre de l'équipe dans l'élaboration de la CcS d'une équipe.

Nous articulons par conséquent notre modèle TRANSACTIVESA autour de la contribution du MDC (cf. Figure 47). La CcS émerge des *transactions* de CiS effectuées par le biais de la communication verbale des membres de l'équipe Central-SP. Du fait que le MDC est impliqué dans l'ensemble des communications portant sur la réalisation de la pesée, nous caractérisons deux types de transactions. Le premier type de transactions, relatif aux énoncés que reçoit le MDC, permettra d'analyser les *activités d'alimentation* de la CiS du MDC. Le second type de transactions, relatif à ce que le MDC transmet, permettra d'analyser des *activités de manifestation* de la CiS du MDC envers les autres opérateurs. Le recours à ces deux types de transactions permet de dresser le tableau des transactions impliquant le MDC, en identifiant le rôle de chaque interlocuteur dans ces transactions.

XII.3.2. Codage des données verbales

XII.3.2.1. Schème de codage

Le schème de codage des énoncés que nous avons construit comporte quatre classes (cf. Tableau 20) : deux classes de *prédicats*, qui seront combinées à une classe d'*arguments* ; une classe indépendante qui se rapporte aux « *fonctions de communication* ».

Les énoncés seront donc codés selon la grammaire suivante :

- (prédicat-classe1, prédicat-classe2, argument)

OU

- (fonction de communication)

Tous les *prédicats* de la classe 1, les *prédicats* de la classe 2 et les *arguments* peuvent être combinés. La classe des *fonctions de communication* ne se combine avec aucune autre classe. Chaque classe du schème de codage est décrite plus en détail dans les sections suivantes. Un exemple de corpus codé est présenté en Annexe 15.

Tableau 20. — Tableau récapitulatif des classes du schème de codage

Prédicat 1 : MODALITE DE TRANSACTION	Prédicat 2 : ACTIVITE COGNITIVE ELEMENTAIRE (ACE)	Argument : OBJET DE COMMUNICATION	Classe indépendante : FONCTION DE LA COMMUNICATION
T : Transmettre	INF : Traiter une information non interprétée	BY : Bypass	PHAT : Fonction phatique de la communication
R : Recevoir	INF-ACT: Traiter une information relative à une action déjà réalisée	MER : Etat de mer et menaces extérieures	EXP : Fonction expressive de la communication
D : Demander	IDENT : Traiter une information relative à l'identification de la situation	POI : Poids	
RD : Recevoir une demande	INT : Traiter une information relative à l'interprétation la situation	DM : Pompe DM	
C : Collationner / Approuver	CG: Traiter une information relative aux connaissances générales sur la situation	IM : Position Immersion (immersion, assiette, barres, cap)	
	EVAL : Traiter une information relative à l'évaluation de la situation	VIT : Position vitesse	
	TACHE: Traiter une information relative à la définition d'une tâche BUT: Traiter une information relative à		
	la définition d'un but PLAN : Traiter une information relative		
	à la planification d'actions pour atteindre un but		
	ACT : Traiter une information relative à une action à réaliser		
	EX-ACT : Traiter une information relative à l'exécution d'une action en cours		

XII.3.2.2. Modalité de transaction

La première classe de prédicat vise à rendre compte des transactions identifiées dans chaque unité de sens. Nous nous inspirons de la classification proposée par Stanton et al. (2009) qui a été mobilisée dans l'étude de Sorensen, Øvergård et Martinsen (2014). La modalité de transaction est identifiée en prenant le chef d'équipe comme point de référence de la transaction, comme nous l'avons présenté précédemment (§ XII.3.1). Chaque catégorie de cette classe, accompagnée d'un exemple, est définie et présentée dans le Tableau 21.

Tableau 21. — Définitions et exemples des catégories de la classe MODALITE DE TRANSACTION

MODALITE DE TRANSACTION	Définition	Exemple Codage selon notre schème Locuteur(Destinataire):(Modalité / ACE / Objet)
T : Transmettre	Le MDC transmet une information	MDC (vers TSP) : <i>On a bien pompé là</i> MDC(<i>TSP</i>):(T/INT/DM)
R : Recevoir	Le MDC reçoit une information	TSP (vers MDC) : Donc j'ai pris mon chrono, ça fait une minute qu'on pompe TSP(MDC):(R/IDENT/DM)
D : Demander	Le MDC demande une information	MDC (vers BAR) : <i>Tu remontes là ?</i> MDC(<i>BAR</i>):(D/IDENT/IM)
RD : Recevoir une demande	Le MDC reçoit une demande d'information	BAR (vers MDC) : et du coup les auxiliaires ont réussi à pomper ou pas ? BAR(MDC):(RD/IDENT/DM)
C : Collationner / Approuver	Le collationnement d'une information ou l'approbation d'une information	MDC (vers BAR) : Reçu 17 mètres MDC(BAR):(C/INF/IM)

Cette classe de prédicat constitue un outil visant à déterminer la part de communication verbale qui est spontanée, en comparant la proportion de demandes et de réceptions.

XII.3.2.3. Activités cognitives élémentaires (ACE)

La deuxième classe de prédicat rassemble les activités cognitives élémentaires qui peuvent être mobilisées dans chaque unité de sens. Elles sont issues du modèle TRANSACTIVESA. Les principes de codage, ainsi qu'un exemple pour chaque catégorie de cette classe sont présentés dans le Tableau 22.

Tableau 22. — Définitions et exemples des catégories de la classe ACTIVITE COGNITIVE ELEMENTAIRE (ACE)

ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES (ACE)	Définitions	Exemples Codage selon notre schème Locuteur(Destinataire):(Modalité / ACE / Objet)	
INF : Traiter une information non interprétée	Traitement d'une information non interprétée qui renseigne de l'état actuel du système, sans notion d'évolution dans le temps	MDC (vers OCQ) : Pour l'instant on est à 5 nœuds 8 MDC(OCQ):(T/INF/VIT)	
INF-ACT: Traiter une information relative à une action déjà réalisée	Traitement d'une information relative à une action qui a déjà été réalisée	BAR (vers MDC) : Ouais ouais je l'ai vu en même temps que vous BAR(MDC):(R/INF-ACT/IM)	
IDENT : Traiter une information relative à l'identification de la situation	Traitement d'une information qui renseigne de l'état actuel, passé ou futur du système en informant de son évolution	MDC (vers BAR) : A 5 nœuds le bateau aura tendance à descendre MDC(BAR):(T/IDENT/VIT)	
INT : Traiter une information relative à l'interprétation la situation	Traitement d'une information interprétée (diagnostic) qui met en relation l'état actuel du système avec les objectifs	MDC (vers TSP) : C'est bon on est encore dans les normes MDC(TSP):(T/INT/DM)	
CG: Traiter une information relative aux connaissances générales sur la situation	Traitement d'une information relative à une connaissance générale (procédure, du principe de fonctionnement d'un outil)	TSP (vers MDC) : <i>DM c'est combien déjà le débit ?</i> TSP(<i>MDC</i>):(RD/CG/DM)	
EVAL : Traiter une information relative à l'évaluation de la situation	Traitement d'une information qui a pour objectif la modification de l'état actuel du système pour atteindre les buts poursuivis	OCQ (vers MDC) : (nomMDC) c'est pour mettre des coups de barre pour réduire OCQ(MDC):(R/EVAL/VIT)	
TACHE : Traiter une information relative à la définition d'une tâche	Traitement d'une information relative à la tâche à effectuer (N.B. : dans notre cas, la pesée)	CDT (vers MDC) : Patron faudrait se peser à l'IP jusqu'à 1 nœud CDT(MDC):(R/TACHE/VIT)	
BUT : Traiter une information relative à la définition d'un but	Traitement d'une information relative à un but à atteindre	OCQ (vers MDC) : Donc l'objectif c'est de réduire [la vitesse] OCQ(MDC):(R/BUT/VIT)	
PLAN : Traiter une information relative à la planification d'actions pour atteindre un but	Traitement d'une information relative aux actions à réaliser pour atteindre un but ou de la façon avec laquelle réaliser ces actions	CDT (vers MDC) : Faudrait mettre des angles de barre pour réduire CDT(MDC):(R/PLAN/VIT)	
ACT : Traiter une information relative à une action à réaliser	Traitement d'une information relative à une action à réaliser	OCQ (vers MDC) : On se cale à la gauche 15 OCQ(MDC):(R/ACT/CAP)	
EX-ACT : Traiter une information relative à l'exécution d'une action en cours	Traitement d'une information relative à une action en cours de réalisation	MDC (vers OCQ) : On est en train de se peser MDC(OCQ):(T/EX-ACT/POI)	

XII.3.2.4. Objets de communication

La troisième classe de notre codage correspond à un argument qui renseigne sur les OBJETS DE COMMUNICATION. Ces objets ont été choisis à partir de l'analyse de l'activité de l'équipe SP en Z2. Ils distinguent la part du contexte à laquelle se réfère l'énoncé. Dans le cas de la zone 2, ces objets peuvent porter sur des entités physiques précises (pompe DM, bypass), sur la position d'objets dans l'espace (immersion, vitesse) ou sur des concepts immatériels (poids du sous-marin, état de la mer). Les OBJETS DE COMMUNICATION sont listés dans le Tableau 23, avec un exemple pour chacun d'entre eux.

Tableau 23. — Définitions et exemples des catégories de la classe OBJETS DE COMMUNICATION

Argument OBJETS DE COMMUNICATION	Exemples Codage selon notre schème Locuteur(Destinataire):(Modalité / ACE / Objet)	
BY: Bypass	MDC (vers TSP) : N'oublie pas, t'admets au bypass MDC(TSP):(T/PLAN/BY)	
MER : Etat de mer et menaces extérieures	OCQ (vers MDC) : On est actuellement sur une mer 2 OCQ(MDC):(R/INF/MER)	
POI : Poids	MDC (vers TSP) : <i>Là il est un peu lourd</i> MDC(<i>TSP</i>):(T/INT/POI)	
DM : Pompe DM	BAR (vers MDC) : On peut repomper encore BAR(MDC):(R/PLAN/DM)	
IM : Position Immersion (immersion, assiette, barres, cap)	BAR (vers MDC) : <i>Je conserve une assiette positive</i> BAR(<i>MDC</i>):(R/IDENT/IM)	
VIT : Position vitesse	MDC (vers OCQ) : <i>Donc là on peut réduire</i> MDC(<i>OCQ</i>):(T/BUT/VIT)	

Il faut préciser que la catégorie d'objet nommée ici *Bypass* ne correspond pas à la catégorie de tâche que nous avons nommée GESTION DU BYPASS dans l'étude 1. La tâche GESTION DU BYPASS comprenait tous les énoncés impliqués dans la recherche, l'identification et la résolution de l'avarie de *Bypass*, alors que la catégorie d'objet *Bypass* ne comprend que les énoncés dans lesquels l'objet *Bypass* est mentionné.

XII.3.2.5. Fonctions de la communication

La dernière classe de codage, dite FONCTIONS DE COMMUNICATION, est indépendante des autres classes. Elle est constituée de deux fonctions de la communication, telles qu'identifiées par Jakobson (1960):

La fonction *phatique* de la communication, rend compte des messages dont le but est l'établissement, le maintien ou l'interruption d'un contact entre deux interlocuteurs. L'utilisation de messages endossant cette fonction est particulièrement fréquente dans le

- milieu militaire. Ils visent à fiabiliser la communication, notamment en s'assurant de la qualité de transmission des informations et l'identification mutuelle des interlocuteurs.
- La fonction *expressive* de la communication, rend compte de la dimension émotive de l'émetteur du message.

Ces deux catégories de la classe FONCTIONS DE COMMUNICATION sont listées dans le Tableau 24, avec un exemple pour chacune d'entre elles.

Tableau 24. — Définitions et exemples des catégories de la classe FONCTIONS DE LA COMMUNICATION

FONCTIONS DE LA COMMUNICATION	Exemples Codage selon notre schème (Fonction)	
PHAT : Fonction phatique de la communication	TSP (vers MDC) : Donc Maître de Central TSP(MDC):(PHAT)	
EXP : Fonction expressive de la communication	MDC (vers OCQ) : Ouais désolé MDC(OCQ):(EXP)	

Bien que, d'un point de vue psycholinguistique, les fonctions de la communication ne s'excluent pas les unes les autres et peuvent s'entremêler, nous avons choisi de les catégoriser ici de façon indépendante. Nous considérons, pour les énoncés codés dans cette classe, que l'acte de langage se résume à la fonction de communication principale à laquelle se rapporte le message : pour ce qui concerne la fonction phatique, l'énoncé n'a pas d'autre but que la prise de contact entre deux interlocuteurs ; pour ce qui concerne la fonction expressive, le but de l'émetteur est de rendre ostensible la dimension émotive de son message.

XII.3.2.6. Fiabilité du codage

La robustesse du schème de codage a été éprouvée par un double codage, réalisé par deux experts en facteurs humains. Le double codage a été appliqué à 25% du corpus verbal complet de notre étude, soit sur 1015 énoncés parmi les 4242 énoncés recueillis. Ceci correspond aux corpus de quatre équipes. Afin de mesurer l'accord interjuge, nous avons utilisé le test statistique du kappa de Cohen pour chaque classe de notre codage. Le seuil de correspondance acceptable varie selon les domaines de recherche et le test statistique utilisé (Marques & McCall, 2005). Les ordres de grandeur définis par Landis et Koch (1977) pour le test du kappa de Cohen, ainsi que leur interprétation, sont présentés dans le Tableau 25.

Tableau 25. — Ordres de grandeur et interprétation du kappa de Cohen (Landis & Koch, 1977)

Kappa	< 0	0.0 - 0.20	0.21 - 0.40	0.41 - 0.60	0.61 - 0.80	0.81 - 1.00
Interprétation	Désaccord	Accord très faible	Accord faible	Accord modéré	Accord fort	Accord presque parfait

Les scores de correspondance pour le codage des énoncés des 1015 énoncés sont présentés dans le Tableau 26.

Tableau 26. — Scores de correspondance inter-juges (*Kappa de Cohen*) pour chaque équipe codée et pour chaque classe du schème de codage

	MODALITE DE LA TRANSACTION	ACTIVITE COGNITIVE ELEMENTAIRE	OBJET DE COMMUNICATION	FONCTIONS DE LA COMMUNICATION	
EQ1	0,92	0,83	0,92	1	
EQ2	0,88	0,76	0,89	1	
EQ3	0,83	0,63	0,88	1	
EQ4	0,87	0,73	0,95	1	
Total	0,89	0,79	0,91	1	

Nous avons obtenu un score de correspondance d'au moins 0,79 pour l'ensemble des classes de notre schème de codage, ainsi que sur la totalité des énoncés codés par les deux juges. Ceci correspond à un accord fort pour la classe ACTIVITE COGNITIVE ELEMENTAIRE et à un accord presque parfait pour les autres classes.

XII.4. Résultats descriptifs

XII.4.1. Modalités de Transaction impliquant le MDC et relatives aux tâches de gestion de la pesée et de tenue de l'ip

Le MDC a reçu plus d'énoncés relatifs à la tâche de GESTION DE LA PESEE ET DE TENUE DE L'IP qu'il n'en a transmis (cf. Figure 48). Les *demandes* ne représentent pas une proportion très importante des communications, tandis que le *collationnement* représente environ 13% de l'ensemble des communications relatives à la gestion de la pesée et de l'IP en Z2.

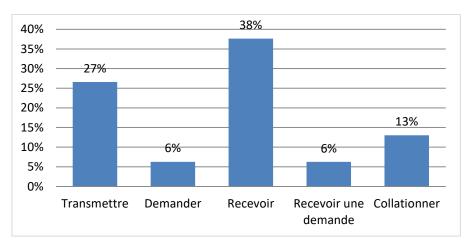


Figure 48. — Répartition des énoncés de l'ensemble des 15 équipes en fonction de la MODALITE DE TRANSACTION, considérant le MDC comme point de référence. (Voir résultats bruts en Annexe 11, Tableau 63)

Le nombre relativement peu important de *demandes* et de *réception de demandes* par rapport aux autres catégories révèle une communication majoritairement spontanée dans l'équipe Central-SP.

XII.4.2. Proportion des activités Cognitives Elémentaires

Les ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES (ACE) les plus représentées dans les énoncés verbaux des équipes portant sur la réalisation de la pesée sont : traiter une information non interprétée, traiter une information relative à l'identification de la situation, traiter une information relative à la planification d'actions pour atteindre un but, et traiter une information relative à une action à réaliser. Environ la moitié des énoncés est liée à des activités impliquées dans le diagnostic (côté gauche de la Figure 49). L'autre moitié des énoncés est associée à des activités décisionnelles orientées vers la planification de l'action (côté droit de la Figure 49).

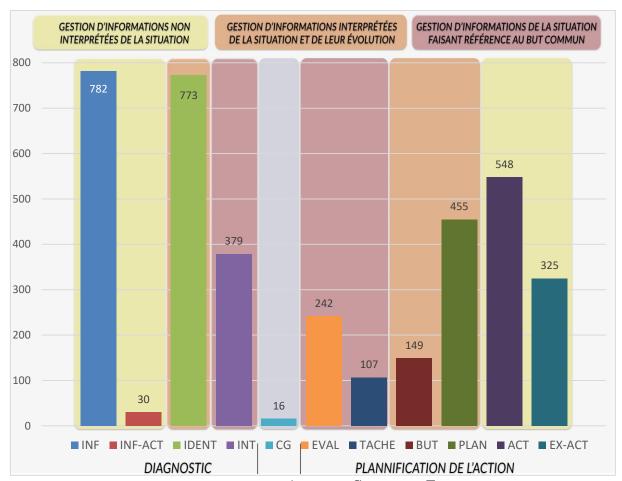


Figure 49. — Nombre d'énoncés relatifs à l'ACTIVITE COGNITIVE ELEMENTAIRE (ACE) pour l'ensemble des 15 équipes. Une ACE relève de trois NIVEAUX DE TRANSACTION D'INFORMATIONS : INFORMATIONS NON INTERPRETEES de la situation (fond jaune pâle), INFORMATIONS INTERPRETEES de la situation et de son évolution (fond rose) ET INFORMATIONS DE LA SITUATION faisant référence au but commun (fond rose). Elle relève également du diagnostic (activités présentées à gauche du graphique) ou de la planification des actions (activités présentées à droite du graphique) (Voir résultats bruts en Annexe 11, Tableau 64)

On observe une représentation importante d'énoncés relatifs à la gestion d'informations non interprétées de la situation (environ 40%, cf. Figure 50). Le deuxième niveau le plus représenté dans les énoncés est le niveau de gestion des informations interprétées de la situation et de son évolution, auquel le tiers des énoncés se rapportent. Enfin, 17% des énoncés est associé à des activités qui s'inscrivent dans la gestion d'informations de la situation faisant référence au but commun.

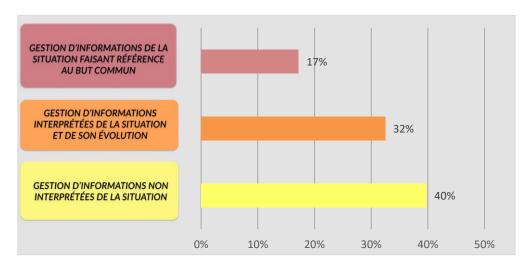


Figure 50. — Répartition des énoncés de l'ensemble des 15 équipes en fonction du NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS. (Voir résultats bruts en Annexe 11, Tableau 65)

Cette répartition met en évidence que la proportion d'énoncés est plus faible lorsque le niveau d'abstraction, et par conséquent la temporalité de la boucle de régulation à laquelle ce niveau se rapporte, est élevé. Les membres de l'équipe Central-SP partagent plus d'informations liées à des activités réactives qu'anticipatives.

XII.4.3. Objets de communication

La figure 50 montre que : un tiers des communications verbales porte sur la *pompe DM* ; un quart des communications porte sur les *paramètres d'immersion* ; un quart porte sur la *vitesse du sous-marin* ; environ 15% des énoncés porte sur le *poids*.

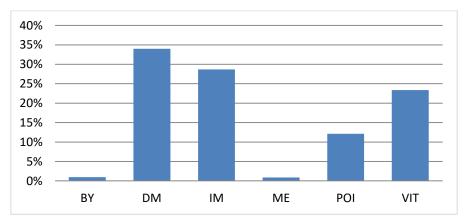


Figure 51. — Répartition des énoncés de l'ensemble des 15 équipes en fonction de l'OBJET DE COMMUNICATION. (Voir résultats bruts en Annexe 11, Tableau 66)

Ces résultats soulignent l'importance des communications relatives aux actions de pompage, lorsque les opérateurs font face à une situation où la pompe ne fonctionne pas.

On remarque que le *bypass* et l'état de mer ne représentent qu'une faible proportion des objets identifiés dans les énoncés (cf. Figure 52). De plus, si l'on regarde la proportion d'énoncés par

MODALITE DE TRANSACTION et en fonction des OBJETS DE COMMUNICATION, on peut voir que le *collationnement* des informations représente pour tous les objets entre 10% et 19% des énoncés.

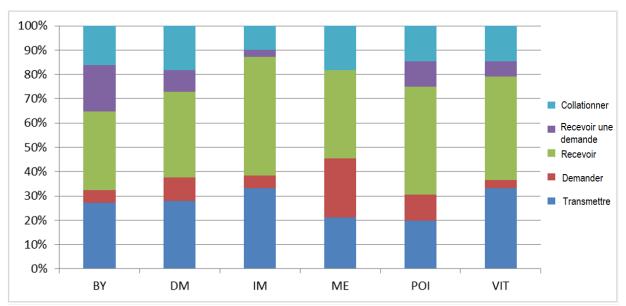


Figure 52. — Répartition des énoncés de l'ensemble des 15 équipes en fonction de la MODALITE DE TRANSACTION pour chaque OBJET DE COMMUNICATION.

(Voir résultats bruts en Annexe 11, Tableau 67)

Les énoncés portant sur les *paramètres d'immersion*, le *poids* du sous-marin et la *vitesse* sont plus fréquemment associés à ce que **reçoit** le MDC. Le rapport est plus équilibré pour les énoncés portant sur la *pompe DM*. Ceci est cohérent avec le fait que les paramètres relatifs à *l'état du sous-marin* (*paramètres d'immersion* et *vitesse*) sont accessibles visuellement par le Barreur. Ils constituent potentiellement une proportion importante de l'alimentation de la CiS du chef d'équipe. La communication relative à la *pompe DM* porte plutôt sur des actions initiées par le MDC, ce qui a pour effet d'équilibrer le rapport entre ce que le MDC transmet et ce qu'il reçoit au sujet de cet OBJET DE COMMUNICATION.

XII.5. Axe 1 : Effet de l'expérience des membres de l'équipe SP-OCQ sur les transactions de CiS impliquant le MDC

Les résultats présentés dans les sections suivantes porteront uniquement sur la contribution des opérateurs de l'équipe SP-OCQ, puisqu'ils ont la responsabilité directe de l'activité du module SP. Un autre argument est d'ordre statistique : seuls ces opérateurs présentent un nombre d'énoncés suffisamment élevé pour permettre de procéder à une analyse statistique.

Rappelons que l'étude 2 n'a pas mis en évidence de lien entre, d'une part l'expérience des opérateurs de l'équipe SP-OCQ et d'autre part, la structure de la communication entre le MDC et ses coéquipiers (§ XI.4.4). Cependant, cette analyse portait sur la totalité des tâches traitées en Zone2, ce qui ne permettait pas de procéder à une analyse fine des communications en lien étroit

avec l'activité. A cet égard, il est particulièrement intéressant d'analyser le contenu des communications portant sur une tâche spécifique.

Dans le présent axe d'étude, nous examinons l'effet de l'expérience des membres de l'équipe SP-OCQ sur les transactions de CiS impliquant le MDC identifiées au travers des ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES mobilisées dans la communication verbale. Nous examinerons dans quelle mesure l'expérience de chaque membre de l'équipe SP-OCQ influe sur les ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES mobilisées dans les échanges, selon que le MDC est le locuteur ou bien le destinataire de l'énoncé. Puis nous nous focaliserons sur la façon dont le MDC adapte sa communication en fonction de l'expérience de ses coéquipiers. Nous mènerons également une analyse spécifique à l'OCQ, afin d'identifier s'il s'adapte lui aussi à l'expérience du MDC. En effet, nous souhaitons confirmer un résultat l'étude 2 qui allait dans ce sens.

XII.5.1. Effet de l'expérience des coéquipiers du MDC sur la façon dont ils manifestent leur CiS au MDC

XII.5.1.1. Hypothèses

Notre hypothèse générale est que l'effet de l'expérience des coéquipiers du MDC sur la façon dont ils manifestent leur CiS dépend de leur poste. Comme nous l'avons vu dans l'étude 2, le niveau de responsabilité associé au poste des opérateurs a un impact sur leur manière de communiquer (§ XI.4.4). L'expérience du MDC et de l'OCQ, qui supervisent l'activité d'autres opérateurs, n'a pas le même impact sur les mécanismes d'ajustement de leur communication en fonction de leurs interlocuteurs. Nous détaillons ci-dessous les hypothèses opérationnalisées.

Les deux hypothèses *H1.1a et H1.1b* soutiennent l'idée qu'une proportion plus importante d'informations ayant une forte « valeur ajoutée » serait manifestée par les opérateurs expérimentés. Nous entendons par « valeur ajoutée » des informations que le MDC n'aurait pas pu recueillir luimême et qui ont fait l'objet d'un traitement préalable par les membres de l'équipe. Nous l'opérationnalisons ainsi :

<u>H1.1a et H1.1b</u>: Les **Barreurs** et les **TSP** expérimentés transmettront plus fréquemment des INFORMATIONS INTERPRETEES ET RELATIVES A L'EVOLUTION DE LA SITUATION au MDC que les Barreurs et les TSP peu expérimentés.

Concernant l'OCQ, nous supposons qu'une plus grande expérience lui permettrait de superviser plus étroitement le MDC. Ceci s'observerait par une manifestation plus fréquente d'INFORMATIONS RELATIVES AU BUT COMMUN. Nous l'opérationnalisons ainsi :

<u>H1.1c</u>: Les **OCQ** expérimentés transmettront plus d'informations relatives au but commun au MDC que les OCQ peu expérimentés.

XII.5.1.2. Résultats

Les résultats relatifs à **ce que le Barreur transmet au MDC** ne confirment pas l'hypothèse selon laquelle les Barreurs expérimentés transmettent plus d'INFORMATIONS INTERPRETEES SUR LA SITUATION ET SON EVOLUTION (cf. Figure 53). L'hypothèse H1.1a n'est pas vérifiée.

Cependant, si l'on regarde en détail les ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES, on observe une différence tendancielle concernant les Barreurs expérimentés. Ceux-ci transmettent plus d'informations relatives à l'*identification de la situation* [χ^2 (ddl=1) = 3,66; p = 0,056]. Par ailleurs, les Barreurs peu expérimentés transmettent plus d'INFORMATIONS NON INTERPRETEES DE LA SITUATION, ce qui va dans le sens de notre hypothèse.

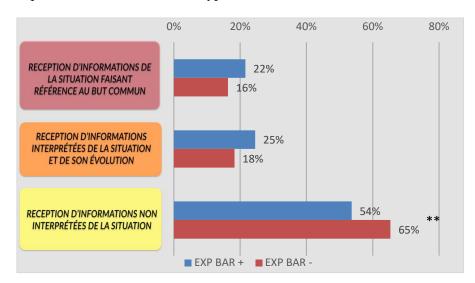


Figure 53. — Répartition des énoncés transmis par le barreur au MDC par NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS en fonction de l'expérience du barreur. (Voir résultats bruts en Annexe 12, Tableau 68) $(*=p<0.05\;;**=p<0.01\;;***=p<0.001)$

Les résultats concernant l'effet de l'expérience du **TSP** sur ce qu'il transmet au MDC montrent que la répartition des énoncés dans les trois niveaux de gestion des informations est inverse à notre hypothèse (cf. Figure 54). Les TSP expérimentés transmettent moins d'informations interpretes de la situation [χ^2 (ddl=1) = 5,03 ; p = 0,025] au profit d'informations non interpretes de la situation [χ^2 (ddl=1) = 7,48; p = 0,006]. L'hypothèse H1.1b n'est pas vérifiée.

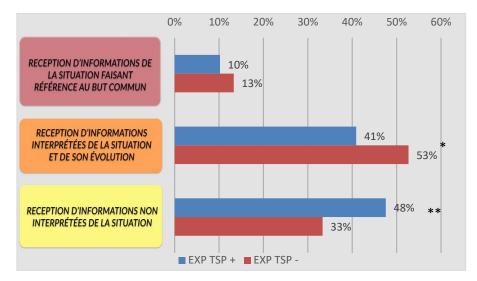


Figure 54. — Répartition des énoncés transmis par le TSP au MDC par NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS en fonction de l'expérience du TSP. (Voir résultats bruts en Annexe 12, Tableau 69) $(*=p<0.05\ ;\ **=p<0.01\ ;\ ****=p<0.001)$

Il n'y a aucune différence significative dans la répartition des énoncés transmis par l'**OCQ** au MDC pour ce qui est du niveau de gestion des informations transmises en fonction de l'expérience de l'OCQ (§ Annexe 12, Tableau 70).

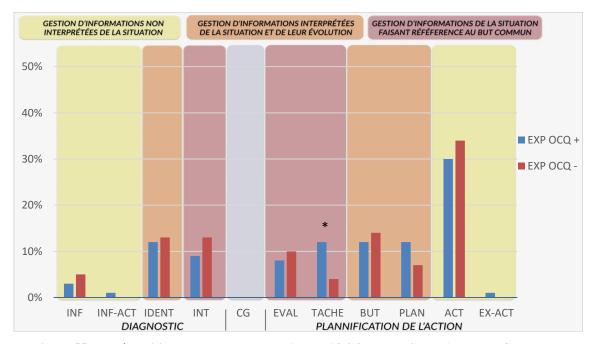


Figure 55. — Répartition des énoncés transmis par l'OCQ au MDC par ACTIVITE COGNITIVE ELEMENTAIRE en fonction de l'expérience de l'OCQ. (Voir résultats bruts en Annexe 12, Tableau 71) (*=p<0.05; **=p<0.01; ***=p<0.001)

Les résultats relatifs aux ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES indiquent néanmoins que les OCQ expérimentés transmettent plus fréquemment des informations relatives à la *définition de la tâche* $[\chi^2(ddl=1)=5,37; p=0,021]$, ce qui va dans le sens de notre hypothèse (cf. Figure 55). **L'hypothèse H1.1c est en partie vérifiée.**

XII.5.2. Effet de l'expérience du MDC sur la façon dont il manifeste sa CiS à ses coéquipiers

XII.5.2.1. Hypothèses

Comme dans la section précédente, nous pensons que l'expérience du MDC a un impact sur la façon dont il manifeste sa CiS à ses coéquipiers, mais que cela dépend du poste occupé par le coéquipier. Nous faisons les hypothèses suivantes :

<u>H1.2a et H1.2b</u>: Les MDC expérimentés transmettront au **Barreur** et au **TSP plus** d'Informations relatives au but commun.

<u>H1.2c</u>: Les MDC expérimentés transmettront à l'**OCQ plus** d'Informations interpretes Sur la Situation et son evolution.

Ces hypothèses sont opposées à celles que nous faisions précédemment sur la façon dont le Barreur, le TSP et l'OCQ manifestent leur CiS au le MDC, en fonction de leur expérience. En effet, comme précédemment, nous pensons que la communication est conditionnée par la chaîne hiérarchique qui part du Barreur et du TSP pour remonter vers l'OCQ.

XII.5.2.2. Résultats

Nous observons une différence significative de la répartition des énoncés transmis par le MDC au Barreur en fonction de l'expérience du MDC. Mais les résultats sont opposés à notre hypothèse (cf. Figure 56). Les MDC expérimentés communiquent moins d'INFORMATIONS RELATIVES AU BUT COMMUN au le Barreur que les MDC peu expérimentés ($\chi^2(ddl=1)=6,72$; p=0,009). Par ailleurs, les MDC expérimentés transmettent au Barreur plus d'INFORMATIONS INTERPRETEES SUR LA SITUATION ET SON EVOLUTION ($\chi^2(ddl=1)=19,48$; p<0,001) et moins d'INFORMATIONS NON INTERPRETEES SUR LA SITUATION ($\chi^2(ddl=1)=3,86$; p=0,049). L'hypothèse H1.2a n'est pas vérifiée.

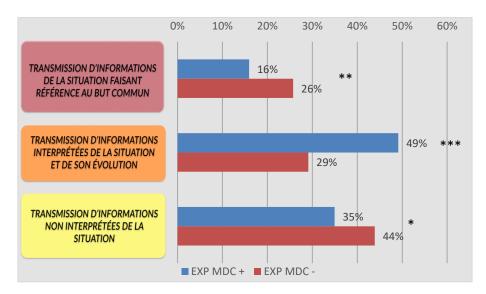


Figure 56. — Répartition des énoncés transmis par le MDC au barreur par NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS en fonction de l'expérience du MDC. (Voir résultats bruts en Annexe 12, Tableau 71) (*=p<0.05; **=p<0.01; ***=p<0.001)

Aucune différence significative de la répartition des énoncés transmis par le MDC au TSP n'a été observée en fonction de l'expérience du MDC (§ Annexe 12, Figure 82). L'hypothèse H1.2b n'est pas vérifiée.

Les résultats relatifs à ce que communique le MDC à **l'OCQ** ne nous permettent pas de confirmer notre hypothèse concernant la transmission d'INFORMATIONS INTERPRETEES. Les MDC expérimentés transmettent moins d'INFORMATIONS RELATIVES AU BUT COMMUN que les MDC peu expérimentés (cf. Figure 57).

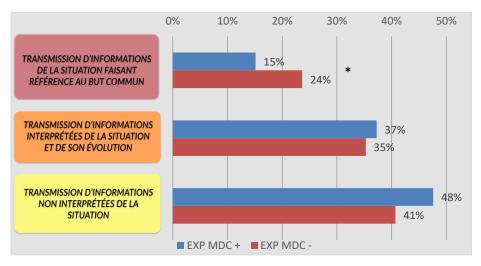


Figure 57. — Répartition des énoncés transmis par le MDC à l'OCQ par NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS en fonction de l'expérience du MDC. (Voir résultats bruts en Annexe 12, Tableau 73) $(*=p<0.05\ ;\ **=p<0.01\ ;\ ***=p<0.001)$

Si l'on s'intéresse plus précisément à la répartition des énoncés en fonction des ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES, on peut voir que les MDC peu expérimentés communiquent plus

fréquemment à l'OCQ les informations relatives à la définition de but que les MDC expérimentés $(\chi^2(ddl=1) = 4,12; p=0,042)$ (§ Annexe 12, Tableau 74). L'hypothèse H1.2c n'est pas vérifiée.

XII.5.3. Effet de l'expérience des coéquipiers sur la façon dont le MDC leur manifeste sa CiS

XII.5.3.1. Hypothèses

Nous voulons identifier l'effet de l'expérience des coéquipiers du MDC sur ce que ce dernier leur transmet. Nous pensons que le MDC ajuste sa façon de manifester sa CiS, en fonction de l'expérience des opérateurs qu'il supervise (c'est-à-dire le Barreur et le TSP). Nous supposons également que la présence d'un OCQ expérimenté aux côtés du MDC peut influer sur la façon dont ce dernier communique avec l'OCQ, notamment en favorisant des comptes rendus plus fournis en INFORMATIONS INTERPRETEES.

La première hypothèse que nous faisons porte donc sur la supervision par le MDC de ses coéquipiers de l'équipe SP. Nous pensons que les MDC qui font équipe avec un Barreur ou un TSP peu expérimenté partageront plus d'INFORMATIONS INTERPRETEES, de façon à permettre un ajustement plus fréquent de leur CiS pour ce niveau de gestion des informations. Les hypothèses opérationnelles sont les suivantes :

<u>H1.3a et H1.3b</u>: Les MDC qui ont dans leur équipe un **Barreur** ou un **TSP peu expérimenté** leur communiqueront plus d'**INFORMATIONS INTERPRETEES**.

La deuxième hypothèse porte sur l'influence de l'expérience de l'OCQ sur la façon dont le MDC manifeste sa CiS avec lui. Nous supposons qu'un MDC qui travaille avec un OCQ expérimenté sera plus enclin à faire des points de situation et à planifier les actions à entreprendre, en verbalisant des INFORMATIONS INTERPRETEES SUR LA SITUATION ET SON EVOLUTION, plutôt qu'en lui transmettant des INFORMATIONS NON INTERPRETEES.

<u>H1.3c</u>: Les MDC qui ont dans leur équipe un **OCQ expérimenté** lui transmettront plus d'Informations interpretees sur la situation et son evolution.

XII.5.3.2. Résultats

On observe un résultat inverse à notre première hypothèse, avec une proportion d'INFORMATIONS INTERPRETEES communiquées par le MDC plus importante lorsque le **Barreur** est expérimenté $(\chi^2(ddl=1)=20,45; p<0,001)$ (cf. Figure 58). L'ACTIVITE DE PARTAGE DE LA CS mobilisée de façon plus importante dans les communications du MDC adressées au Barreur est l'*identification* $(\chi^2(ddl=1)=8,85; p=0,003)$ (cf. Annexe 12, Tableau 76). **L'hypothèse H1.3a n'est pas vérifiée.**

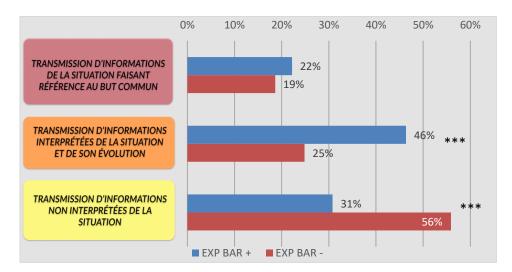


Figure 58. — Répartition des énoncés transmis par le MDC au barreur par NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS en fonction de l'expérience du barreur. (Voir résultats bruts en Annexe 12, Tableau 75) $(*=p<0.05\ ;\ ***=p<0.001)$

Aucune différence significative n'a été observée pour ce qui est de la répartition des énoncés transmis par le MDC au **TSP** en fonction de l'expérience du TSP (§ Annexe 12, Figure 83). L'hypothèse H1.3b n'est pas vérifiée.

Concernant ce que transmet le MDC à l'OCQ, on constate une proportion plus importante D'INFORMATIONS INTERPRETEES SUR LA SITUATION ET SON EVOLUTION lorsque l'OCQ est expérimenté ($\chi^2(ddl=1)=10,64$; p=0,001), et plus précisément d'informations relatives à la planification d'actions ($\chi^2(ddl=1)=12,72$; p<0,001) (cf. Figure 59). L'hypothèse H1.3c est vérifiée.

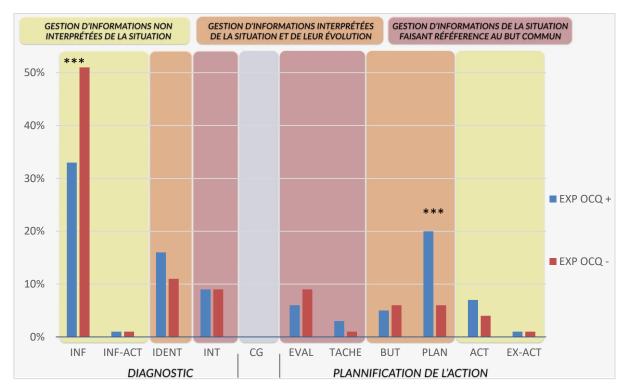


Figure 59. — Répartition des énoncés transmis par le MDC à l'OCQ par ACTIVITE COGNITIVE ELEMENTAIRE en fonction de l'expérience de l'OCQ. (Voir résultats bruts en Annexe 12, Tableau 79) $(*=p<0.05\;;\;**=p<0.01\;;\;***=p<0.001)$

Parallèlement, les MDC dont l'OCQ est peu expérimenté leur communiquent plus d'informations non interprétées sur la situation ($\chi^2(ddl=1)=12,19$; p<0,001).

XII.5.4. Effet de l'expérience du MDC sur la façon dont l'OCQ lui manifeste sa CiS

XII.5.4.1. Hypothèse

Notre hypothèse porte sur l'effet de l'expérience du MDC sur les informations que l'OCQ lui transmet. Comme précédemment, nous faisons l'hypothèse qu'un opérateur supervisant l'activité d'un autre aura tendance à faciliter son activité. L'activité verbale de l'OCQ consiste principalement à transmettre au MDC les objectifs du commandement. L'hypothèse est donc la suivante :

H1.4 : Les OCQ qui font équipe avec un MDC peu expérimenté lui transmettront plus d'informations relatives au but commun.

XII.5.4.2. Résultats

La proportion d'énoncés relatifs au niveau de partage d'INFORMATIONS RELATIVES AU BUT COMMUN et transmise par l'OCQ au MDC est plus importante lorsque le MDC est peu expérimenté $(\chi^2(ddl=1)=9,17; p=0,002)$ (Figure 60). Cette différence porte plus précisément sur une proportion

plus importante d'énoncés associés à l'*interprétation de la situation* ($\chi^2(ddl=1)=9,39$; p=0,002) et à la *définition de la tâche* ($\chi^2(ddl=1)=4,63$; p=0,031). **L'hypothèse H1.4 est vérifiée.**

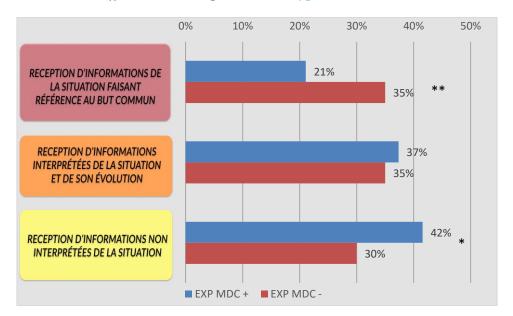


Figure 60. — Répartition des énoncés transmis par l'OCQ au MDC par NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS en fonction de l'expérience du MDC. (Voir résultats bruts en Annexe 12, Tableau 80) $(*=p<0.05\;;\;**=p<0.01\;;\;***=p<0.001)$

Lorsque le MDC est expérimenté, ce sont les INFORMATIONS NON INTERPRETEES qui sont plus représentées dans les énoncés transmis par l'OCQ au MDC ($\chi^2(ddl=1)=5,79$; p=0,016).

XII.5.5. Synthèse et interprétation des résultats de l'Axe 1

XII.5.5.1. Effet de l'expérience des opérateurs TSP et Barreur sur les activités d'alimentation de la CiS du MDC

Aucune de nos hypothèses concernant l'effet de l'expérience du Barreur et du TSP sur la transmission au MDC d'informations interprétées n'a été vérifiée.

Effet de l'expérience des opérateurs TSP sur les activités d'alimentation de la CiS du MDC. – Les résultats relatifs aux transmissions du TSP vers le MDC contredisent notre hypothèse, puisque nous avons observé qu'un TSP expérimenté transmet moins d'informations interprétées au MDC. Il est possible qu'un TSP expérimenté soit plus sûr de ses interprétations de la situation, ce qui engendrerait une quantité moins importante d'argumentation et de développement de son raisonnement avec le MDC pour être acceptées.

Effet de l'expérience des opérateurs Barreur sur les activités d'alimentation de la CiS du MDC. – Les résultats relatifs au Barreur sont moins tranchés. Lorsque ce dernier est expérimenté, il transmet moins d'informations non interprétées. Ce type de comportement peut s'expliquer par un choix plus

fin des informations pertinentes par les Barreurs expérimentés, ce qui a pour conséquence une proportion moins importante d'informations non interprétées par rapport à des informations plus élaborées.

Effet de l'expérience des OCQ sur les activités d'alimentation de la CiS du MDC. – Concernant l'OCQ, nous avons mis en évidence, grâce à l'analyse détaillée de la proportion d'énoncés se rapportant aux activités cognitives élémentaires, que les OCQ expérimentés transmettent plus d'informations relatives à la définition de la tâche. Ceci va dans le sens d'une supervision plus étroite du MDC par les OCQ expérimentés, ce qui est un résultat auquel nous nous attendions. Cette interprétation trouve par ailleurs un appui supplémentaire du fait que nous avons mis en évidence le même effet, lorsque le MDC est peu expérimenté. La présence rapprochée de l'OCQ auprès du MDC, qui s'exprime par la transmission plus fréquente d'informations relatives à la réalisation de la tâche, est donc influencée positivement par une expérience plus élevée de l'OCQ et une expérience plus faible du MDC.

XII.5.5.2. Effet de l'expérience des opérateurs sur la façon dont le MDC manifeste sa CiS à ses coéquipiers

Effet de l'expérience du MDC sur la façon dont il manifeste sa CiS au Barreur. — Les résultats concernant l'effet de l'expérience du MDC sur la façon dont il manifeste sa CiS au Barreur montrent que les MDC expérimentés transmettent proportionnellement plus d'informations interprétées au Barreur. Ce résultat est très intéressant puisque nous avions déjà mis en évidence dans l'étude 2 (§ Chapitre XI) une centralité plus importante de ces opérateurs lorsqu'ils sont expérimentés. Cela nous confirme l'interprétation que nous en avions tirée, à savoir que l'expérience du MDC et du Barreur ont un impact important sur leur contribution dans la communication verbale, et principalement sur la transmission d'informations non interprétées de la situation. Cette interprétation corrobore également le rôle important de pourvoyeur d'informations associé à ces deux opérateurs, que nous avions identifié dans l'analyse de l'activité et qui participe à l'élaboration de la CS collective.

L'absence d'effet de l'expérience du MDC et du TSP sur leurs transactions de CiS. – L'absence de différence significative dans les activités cognitives élémentaires mobilisées dans les échanges entre le MDC et le TSP, en fonction de leurs expériences respectives, nous conduit à penser que la relation entre ces deux opérateurs est différente de celles que le MDC entretient avec les autres membres de l'équipe SP. Nous avons vu dans l'étude 2 que le TSP constituait l'interlocuteur le plus fréquent du MDC avec l'OCQ. Cela nous montre que lorsque le MDC ne parle pas avec le

commandement, représenté par l'OCQ, il parle principalement avec le TSP. De plus, la position du poste du TSP au sein du module SP est celle qui est la plus proche de la position que prend le MDC pendant la zone 2. Enfin, il représente avec son interphone le lien le plus direct entre le MDC et les opérateurs situés dans les autres compartiments du sous-marin. Ces différents éléments jouent probablement dans la relation étroite de communication qui s'établit entre le TSP et le MDC, ce qui pourrait moduler l'impact de l'expérience de ces derniers sur leur façon de communiquer.

Effet de l'expérience du MDC sur ses transactions de CiS avec l'OCQ. – Les résultats relatifs à ce que communiquent les MDC expérimentés à l'OCQ ont mis en évidence une mobilisation plus fréquente d'informations relatives à la définition de la tâche dans leurs échanges. Ceci confirme l'interprétation que nous faisions dans la section précédente sur le lien entre l'OCQ et le MDC.

Nous voulons identifier ici l'effet de l'expérience des coéquipiers du MDC sur ce que ce dernier leur transmet. Nous pensons que le MDC ajuste sa façon de communiquer et de partager sa CS à l'expérience des opérateurs qu'il supervise (i.e. le Barreur et le TSP). Nous supposons également que la présence aux côtés du MDC d'un OCQ expérimenté peut influer sur la façon dont communique le MDC avec ce dernier, notamment en favorisant des comptes rendus plus fournis en INFORMATIONS INTERPRETEES.

Effet de l'expérience des coéquipiers du MDC sur la façon dont il leur manifeste sa CiS. – Concernant les résultats portant sur l'ajustement par le MDC de sa communication en fonction de l'expérience de ses coéquipiers, les résultats nous montrent un ajustement par le MDC de sa communication en fonction de l'expérience du Barreur et de l'OCQ, mais pas du TSP. Cela est cohérent avec les interprétations que nous avons faites jusqu'ici. Nous avons cependant observé un résultat qui allait à l'encontre de nos hypothèses pour ce qui est de l'ajustement de la communication du MDC en fonction de l'expérience du Barreur. En effet, les MDC transmettent proportionnellement plus d'informations interprétées au Barreur lorsque ce dernier est expérimenté ce qui peut paraître surprenant. Nous pensions qu'un MDC qui travaille avec un Barreur expérimenté aurait tendance à partager plus fréquemment avec ce dernier son interprétation de la situation, de façon à participer au maintien de sa CS. Or, nous observons l'inverse, ce qui nous conduit à penser que le MDC adapte ses attentes quant à l'implication du Barreur dans le processus de diagnostic. Un MDC qui travaille avec un Barreur expérimenté sait probablement qu'il va directement pouvoir lui demander de fournir son interprétation de la situation.

XII.6. Axe 2 : Lien entre la performance collective et les transactions de CiS au sein de l'équipe SP-OCQ et impliquant le MDC

Dans ce second axe, nous examinerons le lien entre la performance collective et les transactions de CiS objectivées par les ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES MOBILISEES dans la communication des membres de l'équipe SP-OCQ. Nous examinerons ce lien selon deux indicateurs de performance collective, à savoir la tenue de l'IP d'une part et l'identification du problème de bypass d'autre part.

Les ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES seront analysées sous deux angles complémentaires. Le premier visera à identifier les ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES selon les *niveaux de gestion des informations* auxquels elles se rattachent, comme nous l'avons fait dans l'Axe 1. Le deuxième angle visera à examiner les ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES selon qu'elles s'inscrivent dans le *diagnostic* ou dans la *planification des actions*.

XII.6.1. Lien entre la tenue de l'IP et les activités d'alimentation de la CiS du MDC par ses coéquipiers

XII.6.1.1. Hypothèses

La tenue de l'IP implique que le MDC connaisse l'évolution des paramètres de conduite du sousmarin, de façon à modifier la vitesse en cas de perte rapide d'immersion. Nous avons mis en évidence dans l'étude 1 (§ Chapitre X) que plusieurs tâches étaient gérées simultanément.

Dans ce contexte, le Barreur contribue à alimenter la CiS du MDC au sujet de l'immersion, en lui fournissant de façon continue les informations recueillies sur l'interface de pilotage. La gestion simultanée des multiples tâches que le MDC doit réaliser pendant la zone 2 ne lui permet pas de surveiller visuellement en permanence l'évolution des paramètres d'immersion. La transmission verbale de ces paramètres par le Barreur s'avère alors particulièrement importante pour le maintien de la CiS du MDC. Nous pensons que la transmission d'informations interprétées par le Barreur à propos de l'immersion peut permettre au MDC d'économiser ses ressources cognitives, ce qui serait bénéfique à la performance dans cette situation à forte dynamique. L'hypothèse opérationnelle est la suivante :

<u>H2.1a</u>: Les **Barreurs** des équipes qui parviennent à tenir l'IP communiqueront au MDC plus d'INFORMATIONS INTERPRETEES SUR LA SITUATION ET SON EVOLUTION, ainsi que d'INFORMATIONS RELATIVES AU BUT COMMUN. Ces informations porteront sur des activités de diagnostic, plutôt que sur des activités de planification d'actions.

Le TSP n'est pas directement impliqué dans la tâche de tenue de l'IP (§ XI.5.2.1). Par conséquent, nous ne faisons pas d'hypothèse concernant le lien entre ce qu'il transmet au MDC et la tenue de l'IP.

Quant à l'OCQ, il a un rôle de supervision dans la tenue de l'IP. Il doit s'assurer au travers d'une collaboration étroite avec le MDC que les décisions qui lui sont proposées permettent de respecter les objectifs opérationnels. Pendant la zone 2, la tenue de l'IP est importante pour la pesée, mais pas uniquement. Elle permet également de sortir l'antenne qui permettra au commandement de contacter les commandos. L'équipe SP étant confrontée à plusieurs problèmes simultanés pendant la zone 2, il est possible que le MDC adopte une gestion réactive de ces problèmes et qu'il perde de vue les objectifs opérationnels. Nous pensons que la façon dont l'OCQ guide le MDC dans son activité permet à ce dernier d'ajuster son activité aux contraintes temporelles et aux objectifs. Nous faisons donc l'hypothèse que la transmission par l'OCQ au MDC d'INFORMATIONS RELATIVES AU BUT COMMUN est bénéfique pour la tenue de l'IP, ce qui se traduit par l'hypothèse opérationnelle suivante :

<u>H2.1b</u>: Les **OCQ** des équipes qui parviennent à tenir l'IP transmettront plus d'INFORMATIONS RELATIVES AU BUT COMMUN au MDC. Ces informations porteront sur des activités de planification d'actions plutôt que sur des activités de diagnostic.

XII.6.1.2. Résultats

Les résultats nous montrent que le Barreur des équipes qui parviennent à tenir l'IP ne transmet pas plus d'INFORMATIONS INTERPRETEES au MDC. Mais ils verbalisent néanmoins plus d'INFORMATIONS EN RELATION AVEC LE BUT COMMUN ($\chi^2(ddl=1)=10,14$; p=0,001) (cf. Figure 61). Ces informations sont plus précisément des *évaluations*, qui sont proportionnellement deux fois plus nombreuses pour les Barreurs des équipes ayant tenu l'IP ($\chi^2(ddl=1)=14,25$; p<0,001). L'hypothèse H2.1a est donc en partie vérifiée.

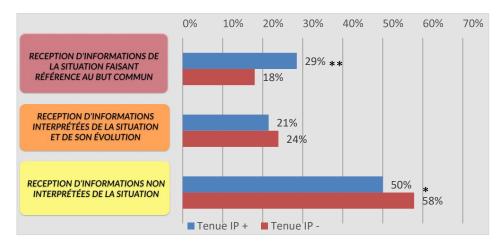


Figure 61. — Répartition des énoncés transmis par le BAR au MDC par NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS en fonction de la performance de tenue de l'IP.

(Voir résultats bruts en Annexe 13, Tableau 82) (*=p < 0.05; **=p < 0.01; ***=p < 0.001)

Une analyse plus fine de la proportion de *demandes* émises par le MDC et adressées au Barreur, et qui concernent une *évaluation*, révèle que les MDC des équipes ayant tenu l'IP émettent moins de *demandes* d'*évaluation*. Ce résultat va dans le sens d'une contribution spontanée des Barreurs dans les équipes ayant tenu l'IP, visant à fournir des évaluations de la situation au MDC. Les Barreurs des équipes verbalisent également plus d'informations relatives aux *actions en cours d'exécution* (χ^2 (ddl=1)=4,85; p=0,028).

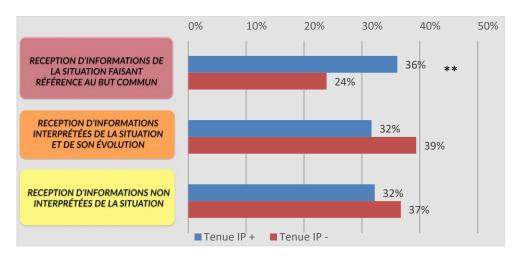


Figure 62. — Répartition des énoncés transmis par l'OCQ au MDC par NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS en fonction de la performance de tenue de l'IP.

(Voir résultats bruts en Annexe 13, Tableau 84) (*=p<0.05; **=p<0.01; ***=p<0.001)

Concernant la contribution de l'OCQ, on observe une proportion plus importante d'INFORMATIONS RELATIVES AU BUT COMMUN transmises au MDC ($\chi^2(ddl=1)=7,22$; p=0,007) (cf. Figure 62). Ces informations portent plus précisément sur la *définition de la tâche* ($\chi^2(ddl=1)=11,84$; p<0,001). L'hypothèse H2.1b est donc vérifiée.

XII.6.2. Lien entre la tenue de l'IP et la façon dont le MDC manifeste sa CiS à ses coéquipiers

XII.6.2.1. Hypothèses

Comme nous avons pu le voir dans la description des tâches de la Zone2, la tenue de l'immersion périscopique (IP) est fortement contrainte par les paramètres de pesée du sous-marin qui est lourd en arrivant à l'IP (§ Chapitre X). Nous pensons que l'impact de la tenue de l'IP sur la transmission d'informations du MDC au sein de l'équipe SP-OCQ s'observera principalement pour la GESTION DES INFORMATIONS RELATIVES AU BUT COMMUN. Dans une telle situation opérationnelle, nous supposons qu'il est crucial pour le MDC de transmettre des informations à un niveau d'abstraction élevé. L'alimentation de la CiS de chacun des membres à partir d'informations transmises par le MDC, en lien avec le but, pourraient s'avérer importantes afin de permettre à chacun de comparer l'évolution de ses paramètres avec le but poursuivi. L'un de ces buts est, pour le cas de la Z2, de rester à l'IP.

Au sein du module SP, seul le Barreur a un contrôle direct sur l'immersion, par le biais d'actions sur les barres de plongée. Nous faisons l'hypothèse que la supervision du Barreur par le MDC nécessite la verbalisation d'INFORMATIONS RELATIVES AU BUT COMMUN, et plus particulièrement d'informations impliquées dans la PLANIFICATION D'ACTIONS telles que des *évaluations*. L'hypothèse opérationnelle est la suivante :

<u>H2.2a</u>: Les MDC des équipes qui parviennent à tenir l'IP transmettront plus d'INFORMATIONS RELATIVES AU BUT COMMUN au Barreur. Ces informations porteront sur des activités de planification d'actions plutôt que sur des activités de diagnostic.

Le TSP et l'OCQ ont un rôle indirect dans la tenue de l'IP, car ils n'ont pas d'accès direct aux informations relatives à la qualité de la pesée. Nous pensons qu'il est important pour le MDC de leur transmettre des INFORMATIONS RELATIVES AU BUT COMMUN, et plus particulièrement des informations impliquées dans le diagnostic, telles que des interprétations, afin qu'ils puissent se forger une représentation plus précise de l'évolution de la pesée. Nous faisons les hypothèses opérationnelles suivantes :

<u>H2.2b</u>: Les MDC des équipes qui parviennent à tenir l'IP communiqueront plus d'INFORMATIONS RELATIVES AU BUT COMMUN au TSP. Ces informations porteront sur des activités de diagnostic, plutôt que sur des activités de planification d'actions.

<u>H2.2c</u>: Les MDC des équipes qui parviennent à tenir l'IP transmettront **plus d'INFORMATIONS RELATIVES AU BUT COMMUN à l'OCQ**. Ces informations porteront sur des activités de **diagnostic**, plutôt que sur des activités de planification d'actions.

XII.6.2.2. Résultats

Nous n'avons pas trouvé de différence significative dans la transmission par les MDC d'INFORMATIONS RELATIVES AU BUT COMMUN. Cependant, l'analyse plus précise des ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES met en évidence une différence significative de ce que transmet le MDC au Barreur en fonction de la réussite à la tenue de l'IP (cf. Figure 63). On constate que les MDC des équipes ayant tenu l'IP ont transmis significativement plus d'évaluations à leurs Barreurs respectifs (χ^2 (ddl=1)=9,46; p=0,002). L'hypothèse H2.2a est vérifiée.

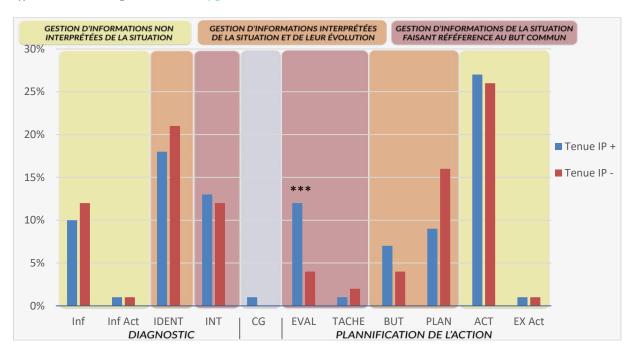


Figure 63. — Répartition des énoncés transmis par le MDC au barreur par ACTIVITE COGNITIVE ELEMENTAIRE en fonction de la performance de tenue de l'IP.

(Voir résultats bruts en Annexe 13, Tableau 87) (*=p<0.05; **=p<0.01; ***=p<0.001)

Les résultats concernant ce que transmet le MDC au TSP et à l'OCQ en fonction de la tenue de l'IP sont similaires. Les MDC des équipes ayant tenu l'IP communiquent significativement plus d'INFORMATIONS RELATIVES AU BUT COMMUN au TSP ($\chi^2(ddl=1)=13,43$; p<0,001) (cf. Figure 64) et à l'OCQ ($\chi^2(ddl=1)=7,03$; p=0,008).

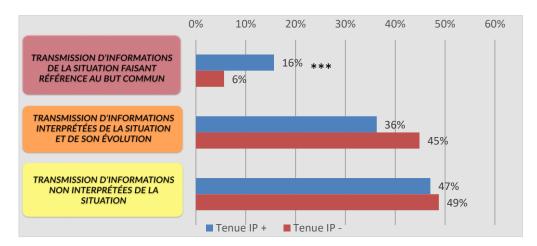


Figure 64. — Répartition des énoncés transmis par le MDC au TSP par NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS en fonction de la performance de tenue de l'IP.

(Voir résultats bruts en Annexe 13, Tableau 88) (*=p < 0.05; **=p < 0.01; ***=p < 0.001)

L'ACTIVITE COGNITIVE ELEMENTAIRE pour laquelle on observe une différence significative dans les transmissions du MDC au TSP et à l'OCQ est l'*interprétation* (cf. Figure 65).

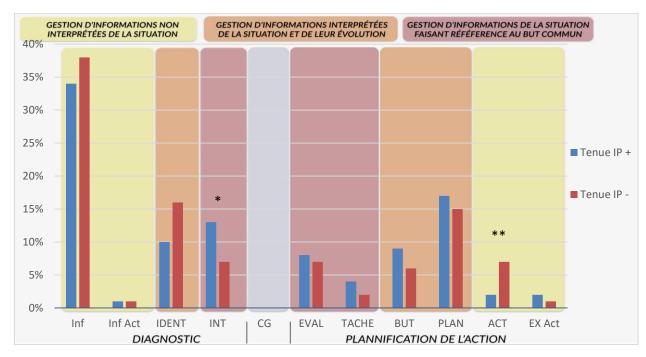


Figure 65. — Répartition des énoncés transmis par le MDC à l'OCQ par ACTIVITE COGNITIVE ELEMENTAIRE en fonction de la performance de tenue de l'IP.

(Voir résultats bruts en Annexe 13, Tableau 91) (*=p < 0.05; **=p < 0.01; ***=p < 0.001)

Les MDC des équipes ayant tenu l'immersion transmettent plus d'*interprétations* au TSP $(\chi^2(ddl=1)=5,16; p=0,023)$ et avec l'OCQ $(\chi^2(ddl=1)=6,06; p=0,014)$. Les hypothèses H2.2b et H2.2c sont vérifiées.

On observe également que les MDC des équipes ayant tenu l'immersion communiquent plus d'informations relatives aux actions à réaliser à l'OCQ (χ^2 (ddl=1)=6,92; p=0,008).

XII.6.3. Lien entre l'identification du problème de bypass et les activités d'alimentation de la CiS du MDC par ses coéquipiers

XII.6.3.1. Hypothèses

Les résultats de l'étude 2 ont mis en évidence que les deux types de performance collective auxquels nous nous intéressons sont associés à des caractéristiques différentes de la structure de la communication (§ XI.6.1.4). Nous pensons que ce sera aussi le cas pour le contenu de la communication, puisque les deux types de performance sont liés à des tâches différentes.

L'identification de l'avarie de bypass nécessite pour les membres de l'équipe SP d'entrer dans un processus complexe de résolution de problème. La première étape de ce processus implique de comprendre que les actions effectuées sur la pompe DM n'ont pas pour effet d'alléger le sousmarin. L'OCQ n'étant impliqué que de façon indirecte dans la réalisation de la pesée, c'est principalement le MDC qui, à partir des sensations de conduite que le Barreur lui décrit, entreprend des actions de pompe par le biais du TSP. Afin d'identifier l'avarie de bypass, il lui est nécessaire de comprendre que le sous-marin est anormalement lourd, et que les actions effectuées sur la pompe sont sans effet. Ce processus prend du temps et d'autres tâches sont réalisées simultanément ce qui complexifie la comparaison des informations permettant d'identifier le problème de pompe.

Nous supposons qu'un lien étroit entre le MDC et le Barreur dans la remontée d'informations interprétées concernant la pesée permet au MDC de comprendre que le sous-marin est anormalement lourd. Nous pensons également que la confrontation de la représentation que se fait le TSP de la situation avec celle du MDC facilite l'identification du problème de pompe. Nous opérationnalisons ces hypothèses de la façon suivante :

<u>H2.3a</u>: Les **Barreurs** des équipes ayant identifié l'avarie de bypass transmettront au MDC plus d'INFORMATIONS INTERPRETEES ET RELATIVES A L'EVOLUTION DE LA SITUATION que les Barreurs des équipes n'ayant pas identifié l'avarie, et plus précisément des informations relatives à des activités de **diagnostic**.

<u>H2.3b</u>: Les **TSP** des équipes ayant identifié l'avarie de bypass transmettront au MDC plus d'INFORMATIONS RELATIVES AU BUT COMMUN, et plus précisément des informations relatives à des activités de diagnostic.

XII.6.3.2. Résultats

Aucune différence significative n'a été trouvée entre la performance d'identification du problème de bypass et la proportion d'énoncés transmis par les Barreurs pour chaque niveau de gestion des informations. De plus, les Barreurs des équipes qui ont identifié le problème de bypass ont plus fréquemment transmis des informations relatives à la *réalisation d'actions en cours* $(\chi^2(ddl=1)=7,87; p=0,005)$ et à la *planification d'actions* $(\chi^2(ddl=1)=6,60; p=0,010)$ (cf. Figure 66). Ces deux ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES ne s'apparentent pas à la catégorie des activités de *diagnostic*, mais de *planification de l'action*. **L'hypothèse H2.3a n'est pas vérifiée.**

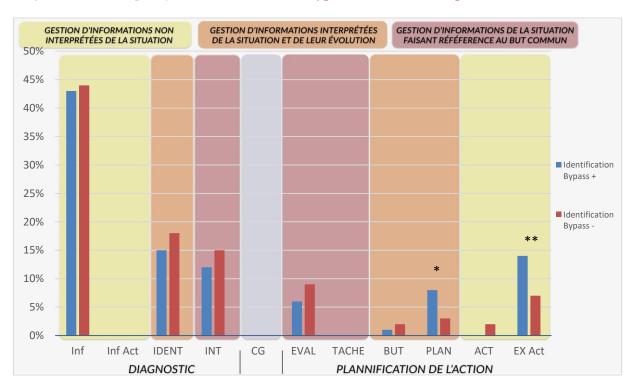


Figure 66. — Répartition des énoncés transmis par le barreur au MDC par ACTIVITE COGNITIVE ELEMENTAIRE en fonction de la performance d'identification du problème de bypass.

(Voir résultats bruts en Annexe 13, Tableau 93) (*=p < 0.05; **=p < 0.01; ***=p < 0.001)

Nous n'avons pas non plus observé de différence significative concernant les proportions d'énoncés transmis par les **TSP** pour chaque niveau de gestion des informations en fonction de la performance d'identification du problème de bypass (cf. Figure 67).

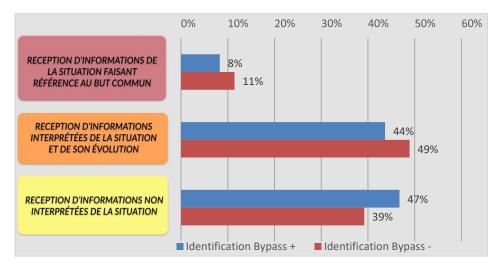


Figure 67. — Répartition des énoncés transmis par le TSP au MDC par NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS en fonction de la performance d'identification du problème de bypass.

(Voir résultats bruts en Annexe 13, Tableau 94) (*=p<0.05; **=p<0.01; ***=p<0.001)

Aucune différence n'a été mise en évidence concernant les ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES mobilisées dans les énoncés du **TSP** adressés au MDC. **L'hypothèse H2.3b n'est pas vérifiée.** Nous observons néanmoins que, indépendamment de la performance, environ la moitié des énoncés transmis au MDC par le TSP constituent des INFORMATIONS INTERPRETEES DE LA SITUATION ET SUR SON EVOLUTION.

XII.6.4. Lien entre l'identification du problème de bypass et la façon dont le MDC manifeste sa CiS à ses coéquipiers

XII.6.4.1. Hypothèses

Les ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES mobilisées dans les énoncés transmis par le MDC au Barreur et pour lesquelles nous observons des différences significatives s'inscrivent dans la planification des actions. Nous supposons que ces activités de planification font l'objet de transactions mutuelles entre le Barreur et le MDC, et que ces transactions ne sont pas uniquement orientées vers l'alimentation de la CiS du MDC. Nous faisons l'hypothèse opérationnelle suivante :

<u>H2.4a</u>: Les MDC des équipes ayant identifié l'avarie de bypass transmettront au **Barreur plus** d'INFORMATIONS INTERPRETEES ET RELATIVES A L'EVOLUTION DE LA SITUATION que les Barreurs des équipes n'ayant pas identifié l'avarie, et plus précisément des informations relatives à des activités de **planification des actions**.

Pour ce qui est des échanges avec le TSP, nous réitérons la même hypothèse que dans la section précédente, à savoir que la confrontation de la représentation de la situation du TSP avec celle du

MDC facilite l'identification du problème de pompe. Nous opérationnalisons cette hypothèse de la façon suivante :

<u>H2.4b</u>: Les MDC des équipes ayant identifié l'avarie de bypass transmettront au **TSP plus** d'INFORMATIONS RELATIVES AU BUT COMMUN, et plus précisément des informations relatives à des activités de diagnostic.

XII.6.4.2. Résultats

Les MDC des équipes ayant identifié l'avarie de bypass ont transmis au Barreur une proportion plus importante d'*INFORMATIONS INTERPRETEES ET RELATIVES A L'EVOLUTION DE LA SITUATION* ($\chi^2(ddl=1)=4,36$; p=0,037) que d'*INFORMATIONS NON INTERPRETEES* ($\chi^2(ddl=1)=4,13$; p=0,045) (cf. Figure 68).

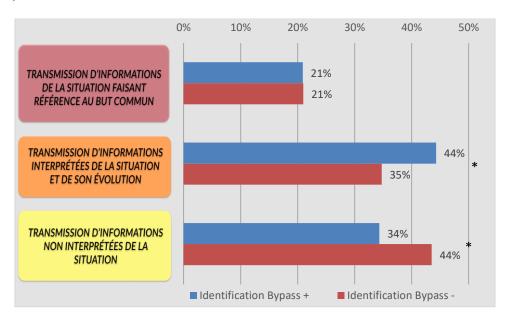


Figure 68. — Répartition des énoncés transmis par le MDC au barreur par NIVEAU DE GESTION DES INFORMATIONS en fonction de la performance d'identification du problème de bypass.

(Voir résultats bruts en Annexe 13, Tableau 96)
$$(*=p < 0.05; **=p < 0.01; ***=p < 0.001)$$

Les informations transmises en plus grande proportion par le MDC au Barreur portaient plus spécifiquement sur la *planification des actions* ($\chi^2(ddl=1)=6,96$; p=0,008). L'hypothèse H2.4a est vérifiée.

Aucune différence significative n'a été observée concernant ce que transmet le MDC au TSP en fonction de la performance d'identification de l'avarie de bypass. L'hypothèse H2.4b n'est pas vérifiée.

XII.6.5. Synthèse et interprétation des résultats de l'axe 2

XII.6.5.1. Lien entre la tenue de l'IP et les transactions de CiS au sein de l'équipe SP-OCQ et impliquant le MDC

Toutes nos hypothèses relatives au lien entre les transactions de CiS au sein de l'équipe SP-OCQ ont été vérifiées. La tenue de l'IP est associée à la verbalisation de la part du Barreur d'une proportion plus importante d'évaluations et d'informations relatives à l'exécution d'actions en cours. L'analyse des demandes d'évaluations adressées par le MDC au Barreur nous a montré que cette contribution du Barreur était majoritairement spontanée. En recevant plus fréquemment les informations relatives aux évaluations de la situation ainsi qu'aux actions en cours du Barreur, cela permet au MDC, et par conséquent à l'équipe, d'assurer une meilleure tenue de l'IP. Ceci confirme le rôle important du Barreur dans l'alimentation de la CiS du MDC, en tant que pourvoyeur d'informations interprétées.

Ce résultat est un argument fort qui nous conduit à penser que les informations transmises par le Barreur contribuent au maintien de la CiS du MDC, lequel influence à son tour la rapidité et la pertinence de ses décisions relatives à la tâche de maintien de l'IP.

Les échanges entre le MDC et les membres de l'équipe SP montrent que la tenue de l'IP est associée au partage plus fréquent d'informations relatives au but commun. Ceci est un résultat très intéressant, puisque nous observons ici un ajustement de la communication au sein de l'ensemble de l'équipe. Ces résultats nous montrent que les transactions de CiS dépendent avant tout de la tâche à réaliser et que le partage d'informations en lien avec cette tâche est directement impliqué dans la performance collective.

XII.6.5.2. Lien entre l'identification du problème de bypass et les transactions de CiS au sein de l'équipe SP et impliquant le MDC

Les résultats concernant l'identification du problème de bypass ont mis en évidence des différences dans les transactions de CiS entre le MDC et le Barreur, mais pas entre le MDC et le TSP.

Lien entre l'identification du problème de bypass et la façon dont le Barreur alimente la CiS du MDC. — Concernant ce que le Barreur transmet au MDC, nous avons montré que les Barreurs des équipes qui ont identifié le problème de bypass ont transmis proportionnellement plus d'informations relatives à la réalisation d'actions en cours et à la planification d'actions. Ce résultat contredit notre hypothèse, étant donné que nous nous attendions à observer des différences dans les activités de diagnostic pour ce critère de performance qui est lié à la résolution de problème. Il est

néanmoins possible que la réception plus fréquente par le MDC d'informations sur le pilotage du sous-marin au cours de la Z2 facilite pour lui la mise en rapport de ces informations, lui permettant ainsi d'identifier l'absence d'effet des actions de pompes qui visaient à alléger le sous-marin. La supervision au travers de la communication verbale des actions du Barreur pourrait également représenter un moyen pour le MDC de prendre du recul par rapport au poste de pilotage et de se concentrer sur le diagnostic en se rapprochant du TSP. Une telle stratégie de gestion de la prise d'information nous a été rapportée dans les entretiens post-activité que nous avons menés avec les MDC.

Lien entre l'identification du problème de bypass et la façon dont le MDC manifeste sa CiS au Barreur. — Au niveau de ce que transmet le MDC au Barreur, les résultats sont identiques puisque les MDC des équipes qui ont identifié le problème de bypass ont transmis au Barreur proportionnellement plus d'informations interprétées relatives à l'évolution de la situation, portant plus particulièrement sur la planification des actions. Ceci nous montre que la supervision par le MDC des actions du Barreur au travers de la communication verbale passe par des échanges, et pas uniquement par la réception d'informations par le MDC. Pour reprendre notre interprétation sur la prise de distance physique par le MDC par rapport au poste de pilotage, cela signifie que le lien entre le MDC et le Barreur est conservé dans les deux sens, même lorsque le MDC est positionné plus en recul. Ce comportement correspond à ce que nous avons pu observer pendant les simulations, avec des formes de communication qui nous semblaient différentes en fonction de la position physique du MDC.

Absence de lien entre l'identification du problème de bypass et les transactions de CiS entre le MDC et le TSP. — Aucune différence significative entre le MDC et le TSP n'a été observée concernant les activités de partage de la CS mobilisées dans les échanges. Ce résultat est surprenant, étant donné que le TSP est l'interlocuteur principal du MDC pour ce qui est de l'avarie de pompe. Nous nous attendions à des différences au niveau des activités de diagnostic mobilisées dans les échanges entre le MDC et le TSP. L'absence de différence pourrait être due au fait que le TSP est avant tout chargé de résoudre le problème de pompe, et non de l'identifier. Nous l'avons vu, l'identification de l'avarie du bypass nécessite la mise en relation des actions de pompe avec les paramètres de pilotage. Or, les informations relatives au pompage, fournies par le TSP, évoluent moins rapidement que les informations de conduite, fournies par le Barreur. Ceci pourrait expliquer en partie pourquoi on observe des différences associées à l'identification du problème de bypass dans le partage de la CS entre le MDC et le Barreur, mais pas entre le MDC et le TSP.

XII.7. Discussion de l'étude 3

XII.7.1. Effet de l'expérience des opérateurs sur les transactions de CiS au sein de l'équipe SP-OCQ

L'analyse des transactions de CiS au sein de l'équipe SP-OCQ nous a permis de confirmer l'effet de l'expérience des opérateurs. Nous confirmons ici des résultats mis à jour lors de l'analyse de la structure de la communication.

XII.7.1.1. Barreurs et MDC expérimentés : pourvoyeurs d'informations interprétées

Le premier résultat marquant, relatif aux transactions de CiS entre le Barreur et le MDC en Z2, est l'effet de l'expérience de ces deux opérateurs sur le niveau de gestion des informations mobilisé dans leurs échanges. Une expérience élevée de l'un de ces deux opérateurs induit une proportion plus élevée d'informations interprétées sur la situation et sur son évolution par rapport aux informations non interprétées.

Ce résultat nous conduit à penser que l'expérience de ces deux opérateurs participe à l'élaboration d'une CcS à partir d'informations dont le niveau de gestion d'informations est plus élevé. Cela confirme également le rôle particulier de ces deux opérateurs, comme nous l'avions démontré par l'analyse de la structure de la communication (§ XI.6.1.2). En nous penchant spécifiquement sur le contenu des communications, nous avons identifié plus précisément que, dans l'élaboration de la CS collective, les MDC et Barreurs expérimentés endossent le rôle de pourvoyeurs d'informations interprétées.

Nous avons également montré que le MDC ajuste sa communication en fonction de l'expérience du Barreur, puisque les MDC transmettent proportionnellement plus d'informations interprétées au Barreur lorsqu'il est expérimenté. Ce résultat souligne que le MDC adapte ses attentes quant à l'implication du Barreur dans le processus de diagnostic, avec des attentes plus importantes quant à l'alimentation d'informations interprétées de la part des Barreurs expérimentés.

XII.7.1.2. Effet de l'expérience du MDC et du TSP sur leurs transactions de CiS

L'effet de l'expérience du MDC et du TSP sur leurs transactions de CiS est plus nuancé que celui que nous venons de décrire entre le MDC et le Barreur.

L'absence de différence significative dans les activités cognitives élémentaires mobilisées dans les échanges entre le MDC au TSP, en fonction de leurs expériences respectives, met en évidence une relation particulière entre ces deux opérateurs. Deux caractéristiques peuvent selon nous expliquer que l'expérience n'a pas d'impact sur leurs transactions de CiS.

La première caractéristique concerne la proximité spatiale entre la position prise par le MDC pendant la Z2 et le poste du TSP au sein du module SP. Il est possible que cette proximité spatiale, qui implique un accès direct par le MDC aux informations affichées sur l'interface du TSP, ait pour conséquence de lisser les différences dans la communication qui pourraient être engendrées par l'expérience.

La deuxième caractéristique concerne la position spécifique qu'occupe le TSP dans la chaîne de transmission des informations entre le Central (et plus précisément le module SP) et les autres compartiments. On peut penser que ce lien direct entre le TSP et les autres compartiments implique une relation particulière entre le MDC et le TSP qui pourrait elle aussi expliquer que l'expérience de ces opérateurs n'a pas d'effet sur leur communication.

Nous avons néanmoins pu mettre en évidence une proportion moins importante d'informations interprétées transmises par les TSP expérimentés au MDC. Nous interprétons cela par le fait qu'un TSP expérimenté est probablement plus sûr de ses interprétations de la situation. Pour que celles-ci soient acceptées, il y aura moins besoin de discussions argumentées avec le MDC.

XII.7.1.3. Une supervision adaptative du MDC par l'OCQ, en fonction de leurs expériences respectives

Concernant le lien entre l'OCQ et le MDC, nous avons pu mettre en évidence l'ajustement de leurs transactions de CiS en fonction de leur expérience respective, principalement au niveau du partage d'informations relatives au but commun.

Ce résultat est particulièrement intéressant puisqu'il nous confirme que l'OCQ et le MDC occupent un rôle important dans le partage d'informations en lien avec la tâche, et que l'expérience joue un rôle dans l'ajustement des transactions de CiS. Cet effet s'observe également lorsque l'OCQ est expérimenté. Cette observation rejoint celle qui avait été faite par Amalberti et Deblon (1992) sur l'activité de pilotes expérimentés qui passent plus de temps que les novices à effectuer des activités d'anticipation.

Enfin, nous avons montré que la présence d'un OCQ favorise la verbalisation par le MDC d'informations relatives à la planification. Ceci nous conduit à penser que l'OCQ représente un soutien important pour le MDC dans l'élaboration du plan d'actions.

XII.7.2. Lien entre la performance collective et les transactions de CiS au sein de l'équipe SP-OCQ et impliquant le MDC

XII.7.2.1. L'importance des transactions de CiS relatives au but commun par l'ensemble de l'équipe pour la tenue de l'IP

Le résultat majeur relatif aux transactions de CiS menées au sein de l'équipe SP-OCQ lors de tâche de tenue de l'IP concerne la **transmission d'informations relatives au but commun**.

Nous avons mis en évidence une proportion plus importante d'informations relatives aux buts chez les équipes qui ont tenu l'IP, et ce, dans toutes les communications de l'équipe impliquant le MDC. Ce résultat est particulièrement intéressant, puisqu'il démontre que tous les membres d'une équipe ayant une performance collective élevée ajustent les transactions de CiS. Les transactions de CiS des membres de l'équipe à un niveau d'abstraction plus élevé permettent probablement à ces équipes de maintenir un lien permanent entre la CcS et la tâche de tenue de l'IP, ce qui conduit à l'atteinte de ce but.

Les informations relatives au but présentent également la particularité de s'inscrire dans une stratégie de gestion avec une temporalité plus longue, ce qui permet l'élaboration d'une CcS en lien avec la tâche à réaliser. Le même type de résultat avait pu être observé par Butchibabu et al. (2016) dans l'analyse d'une tâche collaborative simulée. Les auteurs font état d'une production plus importante par les équipes performantes d'informations relevant de stratégies anticipatrices, plutôt que réactives.

XII.7.2.2. Le Barreur : sentinelle du MDC pour la tenue de l'IP et l'identification de l'avarie de bypass

Nous avons pu voir que la tenue de l'IP était associée à la transmission par le Barreur au MDC d'une proportion plus importante d'évaluations et d'informations relatives à l'exécution d'actions en cours, et que cette contribution était majoritairement spontanée.

La transmission plus fréquente par le Barreur d'évaluations de la situation et de l'état des actions en cours permet au MDC d'assurer une supervision plus efficace de l'évolution des paramètres de conduite. Le rôle du Barreur est donc particulièrement important dans l'alimentation de la CiS du MDC, en tant que pourvoyeur d'informations interprétées, comme nous avons déjà pu le montrer précédemment. Les informations transmises par le Barreur participent donc au maintien de la CiS du MDC sur les paramètres de conduite, ce qui permet au MDC de mettre en place des décisions rapides et efficaces afin de maintenir l'IP pendant la totalité de la Z2. La mobilisation plus fréquente

d'informations interprétées de la situation et de son évolution par les membres d'équipes performantes avait par ailleurs déjà été mise en évidence par Bolstad et al. (2007) dans des situations opérationnelles militaires.

Nous avons également été en mesure de mettre en évidence l'importance des informations relatives à la planification des actions, transmises par le Barreur au MDC, pour l'identification de l'avarie de bypass. La supervision au travers de la communication verbale des actions du Barreur semble représenter un moyen pour le MDC de prendre du recul par rapport au poste de pilotage. Elle a un effet bénéfique à la fois pour la conduite, mais également pour l'identification de problème. En soulignant le lien entre la performance collective d'une part, et la transmission d'une proportion plus importante d'informations relatives à la planification que d'informations non interprétées d'autre part, nous confirmons les résultats d'Artman (1999) lors d'activités coopératives militaires.

XII.7.2.3. Le rôle indirect du TSP dans l'identification du problème de bypass

Les résultats concernant le lien entre les transactions de CiS et la réussite à l'identification du problème de bypass ne nous ont pas permis de mettre en évidence un rôle particulier du TSP.

Nous pensons que ce résultat s'explique par le fait que les activités permettant l'identification du problème de pompe dépendent moins de l'activité du TSP que les activités de résolution du problème. L'identification du problème de bypass nécessitant la mise en relation des informations de conduite et d'actions sur les pompes, il est probable que ces deux types d'informations n'évoluent pas à la même vitesse. Cette dynamique différente dans l'évolution des paramètres transmis par le Barreur et le TSP pourrait expliquer en partie pourquoi on observe des différences associées à l'identification du problème de bypass dans le partage de la CS entre le MDC et le Barreur, mais pas entre le MDC et le TSP.

Chapitre XIII. Discussion générale et retombées applicatives

Ce chapitre met en perspective les principaux résultats obtenus dans notre recherche de thèse. Nous mentionnons quelques-unes des retombées applicatives de cette étude, pour la formation et l'entrainement des équipes de sous-mariniers du module Sécurité-Plongée.

XIII.1. Spécificités de l'activité des équipes SP confrontées à des activités de résolution de problèmes complexes en situation de simulation de mission opérationnelle

Le rôle central du chef d'équipe dans la gestion des tâches de conduite et de résolution de problèmes. — L'analyse de l'activité réalisée dans l'étude 1 (§ Chapitre X) nous a permis de mettre en évidence le rôle central du MDC dans la gestion collective des tâches de conduite et de résolution de problème par l'équipe SP. En qualité de chef d'équipe, il représente le seul opérateur impliqué à la fois dans les tâches de conduite et à la fois dans toutes les tâches de résolution de problème. Il occupe donc un rôle important dans la coordination des activités des opérateurs dont il assure la supervision car c'est l'opérateur qui a la représentation la plus complète de la situation. L'implication du TSP et du barreur dans les tâches de résolution de problèmes diffère en fonction de la partie du système sur laquelle les problèmes apparaissent. Ceci est dû à une importante distribution des tâches et des informations au sein du SNA.

L'importance du compromis entre une gestion optimale de la conduite et la résolution de problème. — Nous avons également montré que les équipes ayant identifié un problème communiquent plus autour d'autres problèmes, ce qui met en évidence des stratégies de gestion des tâches différentes. Nous avons pu montrer qu'il s'établit une communication accrue sur les tâches contraintes par un problème qui n'est pas identifié. Dans le cas de la phase d'activité étudiée, nous avons pu montrer que la gestion difficile du maintien de l'IP (du fait de la survenue non identifiée de l'avarie de bypass) a eu pour conséquence de centrer la communication de l'équipe sur la réalisation de la pesée.

Nous avons pu observer un continuum dans le compromis réalisé entre une gestion optimale de la conduite et une résolution optimale des problèmes : certaines équipes gèrent prioritairement la conduite par rapport à la gestion des problèmes et, à l'opposé, d'autres équipes privilégient la résolution des problèmes au détriment de la performance de conduite. La focalisation sur un problème au détriment des autres dans une phase précoce de la mission, même si ces problèmes sont négligeables dans l'immédiat, pourrait s'avérer problématique si les problèmes s'accumulent.

Le risque pour les opérateurs de se retrouver en situation de dépassement de ressources cognitives en fin de mission est alors non négligeable.

Des stratégies de gestion temporelle des tâches variables en fonction des équipes. — Concernant la dimension temporelle de la gestion des tâches par les équipes SP, nous avons pu mettre en évidence une forte variabilité dans les stratégies adoptées. Nous avons néanmoins été en mesure d'identifier trois grands types de stratégies : 1) certaines équipes gèrent de façon parallèle les tâches pendant toute l'activité, 2) d'autres équipes priorisent les tâches exécutées de manière séquentielle et 3) certaines équipes combinent les deux types de stratégies précédentes en fonction de l'évolution de la situation.

XIII.2. Vers un modèle transactionnel de la conscience de la situation

XIII.2.1. Modéliser la conscience collective de la situation en termes de transactions : le modèle TRANSACTIVESA

Nous avons identifié les invariants interactionnels qui sous-tendent l'élaboration collective de la conscience de la situation, en fonction de la performance opérationnelle. Nous avons considéré que ce processus d'élaboration collective s'opère au travers de *transactions*. La notion de transaction de CiS a été introduite afin de rendre compte des mécanismes de modifications mutuelles des CiS des membres d'un collectif, qui résultent de leurs interactions verbales. Le contenu de ces transactions est constitué *d'activités cognitives élémentaires*. Nous faisons l'hypothèse que ces activités cognitives mobilisées dans les mécanismes interactionnels dépendent de l'expérience des opérateurs et qu'elles sont en lien avec la performance opérationnelle.

Pour rendre compte du caractère transactionnel du processus d'élaboration collective de la conscience de la situation, nous avons construit le modèle TRANSACTIVESA. Les transactions, matérialisées par des flèches entre les activités cognitives élémentaires impliquées dans la construction de la CiS de deux individus en interaction, peuvent alors être étudiées selon leur nature ou leur structure. La CcS est constituée des multiples transactions de CiS et peut être décrite au travers de la structure des échanges verbaux entre deux individus, et sur la base des activités cognitives élémentaires mobilisées dans ces échanges.

XIII.2.2. Un ajustement des transactions de Conscience individuelle de la Situation (CiS) qui dépend de caractéristiques situationnelles et individuelles

XIII.2.2.1. Ajustement des transactions de CiS en fonction de la tâche réalisée

Les résultats relatifs aux caractéristiques de la communication associées aux équipes qui ont, ou non, identifié le problème de bypass nous ont montré un ajustement des transactions de CiS. Ces résultats seront synthétisés dans la section §X1.4. Cela nous montre que la nature des communications, impliquées dans le partage de la CS, dépendent des tâches effectuées. Ce résultat est cohérent avec ceux de Patrick et al. (2007) et confirme l'intérêt de s'intéresser à des tâches spécifiques pour étudier la CS, avec la nécessité d'en réaliser une analyse fine en premier lieu.

XIII.2.2.2. Ajustement des transactions de CiS en fonction du poste occupé par les opérateurs

Nous avons également pu observer un ajustement des transactions de CiS en fonction du poste occupé par les opérateurs, avec des contributions variables dans la communication verbale des membres de l'équipe SP-OCQ. Les résultats correspondants à cette observation sont synthétisés dans les sections §2.4, 1.3, 1.4. Ceci nous a permis de confirmer la place centrale du MDC dans le réseau de communication de l'équipe, et d'identifier l'OCQ et le TSP comme interlocuteurs privilégiés du MDC pendant la phase d'activité étudiée. La place du barreur dans le réseau de communication est plus variable avec une contribution qui fluctue en fonction de son expérience.

XIII.2.2.3. Ajustement des transactions de CiS en fonction de l'expérience des opérateurs

L'expérience des opérateurs est un paramètre qui a un effet sur le partage de la CS. Nous avons été en mesure de mettre en évidence un effet de l'expérience des opérateurs sur les caractéristiques de la communication associées à l'*alimentation* de la CiS du MDC, et à la *manifestation* par le MDC de sa CiS à ses coéquipiers.

Les effets de l'expérience des opérateurs sur les caractéristiques de la communication impliquées dans l'alimentation de la CiS du MDC sont les suivants :

- Les **barreurs** expérimentés occupent une place plus importante dans l'alimentation de la CiS du MDC pendant la Z2, avec une proportion plus importante de transactions relatives aux *informations interprétées sur la situation et son évolution* dans la gestion de la pesée et de maintien de l'IP;
- Les OCQ occupent une place plus importante pendant la Z2 dans l'alimentation de la CS du MDC lorsqu'ils sont expérimentés ou que le MDC est peu expérimenté. Ceci nous a permis de mettre en évidence une supervision du MDC par l'OCQ plus étroite dans ces deux

configurations, avec la transmission par l'OCQ d'une proportion plus importante d'informations relatives à la *définition de la tâche* en ce qui concerne la tâche de pesée et le maintien de l'IP;

- Les **TSP** expérimentés transmettent plus d'informations non interprétées au MDC pour la tâche de gestion de la pesée et du maintien de l'IP. Ceci nous montre que pendant cette tâche, les TSP expérimentés occupent une place de pourvoyeurs d'informations avec un bas niveau d'abstraction. Nous avons interprété ce résultat par une diminution des attentes du MDC vis-àvis de la justification des informations qui lui sont transmises par le TSP, ce qui pourrait expliquer cet ajustement.

Les effets de l'expérience des opérateurs sur les caractéristiques de la communication impliquées dans la *manifestation* par le MDC de sa CiS à ses coéquipiers sont les suivants :

- Les **MDC** expérimentés *manifestent* plus fréquemment leur CiS avec leurs coéquipiers pendant la Z2 que les MDC peu expérimentés ;
- Les OCQ expérimentés reçoivent plus fréquemment des transactions de CS de la part du MDC pendant la Z2 que les OCQ peu expérimentés. Ces transactions portent plus spécifiquement sur la planification des actions pour la tâche de gestion de la pesée et du maintien de l'IP. Ce résultat montre que le MDC adapte ses transactions de CiS à l'expérience de l'OCQ, cherchant probablement, par le biais de transactions relatives à la planification des actions, une approbation de la part des OCQ expérimentés;
- Les **TSP** expérimentés reçoivent plus fréquemment des transactions de CiS de la part du MDC pendant la Z2 que les TSP peu expérimentés. Cependant, cette proportion plus importante de transactions de CiS n'est pas liée à des ACTIVITES DE PARTAGE DE LA CS spécifiques aux tâches de gestion de la pesée et de maintien de l'IP. Ce résultat nous a permis de montrer que l'expérience du TSP n'a pas d'effet sur la nature des informations transmises au MDC, mais seulement sur la quantité d'informations transmises par rapport à ses coéquipiers ;

Ces résultats soulignent l'impact de l'expérience des coéquipiers du MDC sur la façon dont se *manifeste* la CiS de ce dernier, particulièrement lorsque ces coéquipiers constituent des intermédiaires importants avec le reste du réseau tels que le TSP et l'OCQ. Ces observations nous permettent également de penser que les opérateurs qui occupent des postes impliquant la supervision d'autres opérateurs sont plus susceptibles d'adapter leurs transactions de CiS à l'expérience de leurs coéquipiers que ceux n'occupant pas des postes de supervision.

XIII.2.3. Caractéristiques des transactions de CiS associées à la réussite opérationnelle d'une tâche de conduite

Une communication décentralisée et plus diversifiée en termes de tâches traitées. — L'analyse des stratégies de gestion de tâches en fonction de la performance de maintien de l'IP a montré que les équipes qui maintiennent l'IP pendant la totalité de la Z2 communiquent plus fréquemment sur la MISE A JOUR DES ELEMENTS DE SECURITE, sur la CHARGE EN AIR, ainsi que sur la FUITE D'AIR. Cette stratégie de gestion des tâches met en évidence une mobilisation des ressources verbales qui sont impliquées dans la réalisation de plusieurs tâches en parallèle, sans se focaliser sur l'une d'entre elles. L'analyse structurelle de la communication nous a permis de montrer que les équipes ayant tenu l'IP adoptent une structure de communication plus décentralisée, qui révèle une contribution plus homogène de chaque membre de l'équipe et moins centralisée sur le chef d'équipe. Ce résultat est particulièrement intéressant puisqu'il nous permet de faire un lien entre la décentralisation de la communication, la gestion plus diversifiée des tâches et la tenue de l'IP.

Le rôle du barreur dans l'alimentation de la CiS du MDC par la transmission spontanée d'évaluations de la situation et d'actions en cours. — Dans les équipes ayant tenu l'IP, nous avons montré que le barreur joue un rôle important dans la transmission spontanée au MDC d'évaluations de la situation et d'informations relatives aux actions en cours de réalisation. Ceci confirme le rôle important du barreur dans le maintien de la CS du MDC concernant l'évolution de l'immersion. Cette alimentation de la CiS du MDC, qui repose sur la transmission spontanée d'informations par le Barreur, permet au MDC d'assurer une supervision plus efficace de l'évolution de l'immersion et aboutit au maintien de l'IP pendant la totalité de la Z2.

Le maintien de la CcS par les transactions de CiS relatives à la tâche à réaliser. — Le résultat le plus franc de nos études empiriques concerne les échanges de CiS plus fréquents d'INFORMATIONS RELATIVES AU BUT COMMUN par l'ensemble des membres des équipes ayant tenu l'IP. Ceci est un résultat très intéressant puisque nous observons ici un ajustement des transactions de CcS par l'ensemble de l'équipe autour du but commun, avec un effet bénéfique pour la performance collective. La proportion plus importante de transactions de CiS relatives à des activités anticipatives est cohérent avec d'autres travaux de la littérature (Orasanu Salas 1993, Artman Garbis 2006). Ces résultats nous montrent que l'ajustement des transactions de CiS dépend avant tout de la tâche à réaliser, et que la proportion des échanges d'informations en lien avec cette tâche est directement impliquée dans la performance collective associée à cette tâche.

XIII.2.4. Caractéristiques des transactions de CiS associées à la réussite opérationnelle d'une tâche d'identification de problème

Une contribution variable du MDC dans les transactions de CiS en fonction de la tâche. — Les MDC des équipes ayant identifié l'avarie de bypass transmettent et reçoivent plus d'informations des autres membres de l'équipe que les MDC des équipes n'ayant pas identifié l'avarie de bypass. Cela traduit une importance particulière du MDC dans l'identification du problème de bypass. Il est intéressant de noter que cette caractéristique structurelle de la communication est inverse à celle que nous avons pu associer aux équipes ayant tenu l'IP. Ceci confirme qu'il existe un ajustement par les équipes de leurs transactions de CiS qui dépend du compromis entre objectifs de performance collective de conduite et d'identification de problème.

L'importance de la supervision par le MDC des actions du barreur. — Les MDC des équipes qui ont identifié le problème de bypass ont échangé avec le barreur plus d'informations portant sur la planification et la réalisation des actions. Ceci nous montre, une nouvelle fois, un ajustement de la communication entre le MDC et le barreur en fonction de la performance collective, et nous confirme le rôle crucial de ce dernier dans l'alimentation de la CS du MDC, à la fois pour la conduite et l'identification de problème.

XIII.3. Retombées applicatives : recommandations pour l'entraînement au travail en équipe

Ce travail de recherche s'inscrit dans le cadre de l'évolution technologique des SNA avec l'arrivée prochaine des SNA de classe Suffren, nouvelle génération de sous-marins. Les résultats de nos études empiriques pourront servir de base de comparaison pour étudier l'impact de l'introduction de nouvelles interfaces sur l'activité collective de l'équipe SP.

XIII.3.1. Entraîner la communication

Notre étude montre que face à des situations imprévues, les équipes performantes sont celles qui ne se contentent pas de transmettre des informations non interprétées sur la situation. Dans les équipes performantes, la communication est moins centrée sur le chef d'équipe, avec une contribution de chacun des membres plus homogène. Le partage d'informations en lien avec le but commun par l'ensemble des membres de l'équipe est également associé à une performance plus élevée.

Au vu des conséquences possiblement accidentogènes de telles situations à risques où les communications verbales revêtent une importance cruciale, il nous semble primordial de **proposer** la mise en place de sessions d'entraînement au simulateur consacrées uniquement à une visée FH avec un focus particulier sur les communications verbales.

Actuellement, les séances d'entraînement sur simulateur ont un but de qualification des équipes. Ainsi, les membres d'équipe peuvent ressentir une certaine pression pour réussir techniquement les plates-formes, ce qui n'est pas propice au développement de compétences dites non-techniques. De plus, même si des aspects FH sont abordés lors des débriefings, cet objectif de réussite en vue de la qualification peut être un frein à la verbalisation des difficultés FH.

Dans l'aéronautique, de telles séances, menées hors objectif d'évaluation et sans jugement, ont déjà montré leur efficacité et sont instituées dans les programmes d'entraînement sous la forme de MOST (Mission Oriented Simulation Training - cf. Fornette & Jollans, 2016). De plus, les entretiens d'autoconfrontation que nous avons réalisés dans le cadre de cette action de recherche, où les opérateurs visionnent leur activité et les commentent, ont montré des retours positifs de la part des participants. Par exemple, un MDC s'est rendu compte qu'un TSP lui avait transmis une information qu'il n'avait pas entendue pendant la séance. Il a ainsi pu conseiller au TSP de s'imposer afin de s'assurer que les informations qu'il transmet soient bien réceptionnées.

En conséquence, nous recommandons la mise en place de sessions d'entraînement au simulateur avec visée FH, de type MOST, sur le thème de la coopération entre les membres d'équipes et des communications verbales.

XIII.3.2. Faire prendre conscience des bénéfices apportés par l'élaboration collective de la conscience de la situation, au travers de formations SRM (Submarine Resource Management)

Nos résultats mettent en évidence l'importance de mettre en lien les informations de la situation avec la tâche à réaliser. En effet, les équipes qui expriment à haute voix des informations en lien avec le but commun font partie des équipages qui réussissent le mieux à atteindre l'objectif opérationnel. Ces résultats complètent ceux d'études portant sur le rôle des communications verbales dans l'élaboration de conscience de la situation d'équipe, montrant que la performance de l'équipe est liée au niveau de traitement des informations partagées comme par exemple questionner ou vérifier les informations partagées (Smith-Jentsch, Zeisig, Acton, & McPherson, 1998).

Les formations SRM sont dispensées pour les escadrons de sous-mariniers depuis 2012 et sont conçues à l'IRBA par l'équipe CRM du département ACSO. Elles ont pour but de transmettre des connaissances scientifiques dans le domaine du FH (facteur humain) et de favoriser une attitude réflexive des opérationnels à propos des dimensions FH de leurs pratiques quotidiennes.

Au vu de nos résultats sur l'utilité, pour garantir la performance de l'équipage tout entier, que chaque MDC verbalise tout au long de la mission sa conscience de la situation, à tous les niveaux

de processus, nous recommandons de renforcer et de développer le module Conscience de la situation qui est actuellement dispensé dans le cadre des formations SRM.

Les retours d'expérience des sous-mariniers déjà formés au SRM nous amènent à proposer plusieurs ajustements de l'actuel module « Conscience de la situation » :

- proposer un nouvel exemple concret plus illustratif du concept ;
- supprimer la présentation de concepts annexes tels que la persévération, les modes cognitifs de raisonnement et les types d'écarts ;
- approfondir la présentation de la conscience de la situation et en particulier dans un contexte collectif.

Chapitre XIV. Conclusion et perspectives

Le travail de recherche présenté dans ce document de thèse a porté sur l'étude des mécanismes d'élaboration de la Conscience de la Situation (CS) collective de l'équipe Sécurité Plongée (SP) des SNA en situation opérationnelle simulée. Ce travail nous permet de fournir des pistes de réflexion conceptuelles et méthodologiques pour l'analyse de l'activité collective en environnement dynamique et à risques. Nous discuterons dans cette section de l'originalité de la présente thèse, ainsi que de ses atouts et limites du point de vue conceptuel et méthodologique.

XIV.1. Apports théoriques pour l'étude de la CS collective en environnement dynamique

XIV.1.1. Originalité de la thèse

Tout d'abord, il nous semble important de souligner deux points forts de notre travail de recherche, qui le distinguent d'autres travaux effectués en psychologie, en ergonomie et en sciences cognitives.

Le premier point fort est lié à la validité écologique de nos études empiriques. En effet, peu de travaux portant sur l'étude de la conscience collective de la situation ont été réalisés sur des sessions réelles de simulation, qui s'inscrivent dans l'entraînement militaire usuel et qui fournissent une grande fidélité par rapport à des situations réelles. Les quelques études ayant été menées en simulateur se sont restreintes à des phases d'activité routinières, ou à des éléments de résolution de problème qui ne rendaient pas compte de la complexité des situations réelles.

Le deuxième point fort est le nombre important de participants que nous avons rassemblés. Ceci nous a permis de mener des analyses statistiques inférentielles qui confortent la robustesse des résultats obtenus.

Le choix de réaliser des analyses quantitatives n'a cependant pas été fait aux dépens d'une analyse fine de l'activité professionnelle. Tous nos résultats se rapportent à des tâches opérationnelles. Nous avons su en extraire des invariants dans les comportements analysés en fonction de la performance collective.

XIV.1.2. Apports épistémiques

Dans le cadre de notre thèse, nous avons mobilisé le concept de Conscience collective de la Situation (CcS), car il présentait l'avantage de ne pas être associé à une approche spécifique de la conscience de la situation.

Une revue approfondie de la littérature nous a conduit à considérer la CcS comme un processus dynamique, émergeant des interactions de chaque membre d'une équipe, et permettant à chacun,

par le biais de *transactions*, d'alimenter et de partager sa propre Conscience individuelle de la Situation (CiS).

Le modèle cadre de TRANSACTIVESA que nous avons développé propose un concept unifié, dans lequel la CcS résulte de transactions entre CiS. Nous avons mis à jour les mécanismes interactionnels qui, au travers de ces transactions, permettent des modifications mutuelles de la CiS des membres d'une équipe. L'articulation des activités individuelles et collectives d'élaboration de la CcS représente un point fort de ce modèle.

Nous avons proposé que les transactions soient analysées sous l'angle de la structure de la communication et sous l'angle des activités cognitives élémentaires impliquées dans la construction de la CiS.

Nos résultats confirment que l'élaboration de la CcS est un processus adaptatif, qui dépend des tâches réalisées et de l'expérience des opérateurs, et qui est lié à la performance collective. La diversité des résultats concernant les transactions de CiS qui s'établissent entre les membres d'une équipe en fonction de ces caractéristiques nous montre également que les processus d'élaboration de la CcS sont complexes.

XIV.1.3. Limite du modèle TRANSACTIVESA

La limite principale du modèle TRANSACTIVESA réside dans le choix de focale qui, comme tout choix, restreint l'étude de la CcS à une partie des mécanismes en jeu dans l'élaboration de la CiS. Le choix de restreindre le champ d'analyse de la CcS aux interactions verbales entre les membres d'un collectif ne permet pas de rendre compte d'autres modalités interactionnelles impliquées dans l'élaboration de la CiS (par exemple, les gestes et la prise d'information visuelle). Nous avons cependant justifié ce choix par les caractéristiques de la situation étudiée, à savoir la prédominance des communications verbales dans les interactions, ce qui nous permettait de réduire ce biais.

Une autre limite porte sur la focalisation des études sur le chef d'équipe. Ce choix implique un angle d'analyse qui peut conditionner l'interprétation des résultats, en sous-estimant la contribution des coéquipiers de ce chef d'équipe. Afin d'éviter cet écueil, nous avons porté une attention particulière à la mise en œuvre d'une méthodologie permettant de rendre compte des contributions de chaque membre de l'équipe, en émettant des hypothèses spécifiques en fonction du poste qu'ils occupent.

XIV.2. Atouts et limites de la méthodologie

L'originalité de ce travail de thèse a résidé dans le choix de mobiliser plusieurs outils méthodologiques permettant l'étude de la Conscience collective de la Situation, tout en veillant à

prendre en compte de manière fidèle la complexité des situations rencontrées par les opérateurs. Compte tenu de notre volonté de ne pas interférer avec l'activité, analyser la communication verbale s'est avérée être la voie la plus adaptée pour l'étude de la CcS.

Nous avons dans un premier temps identifié finement les caractéristiques cognitives et situationnelles qui contraignent l'élaboration de la CcS de l'équipe SP pendant une phase complexe de pilotage, ponctuée de phases de résolution de problème. Outre une description détaillée de l'activité de l'équipe SP pendant cette phase, cette analyse a mis en évidence une dynamique de gestion des tâches fortement variable en fonction des équipes. Cela nous a également permis de construire deux indices de performance collective, qui s'avèrent nécessaires afin d'assurer un lien étroit entre l'étude de la CcS et l'activité.

Afin d'étudier les mécanismes d'élaboration de la CcS, deux études complémentaires, basées chacune sur un type d'analyse de la communication, ont été réalisées. La première étude, qui a porté sur l'analyse de la structure de la communication, a nécessité la création de nouvelles métriques adaptées aux caractéristiques du réseau de communication de l'équipe SP. La seconde étude, qui a porté sur l'analyse du contenu de la communication, a nécessité le développement d'un modèle transactionnel de conscience de la situation.

La méthodologie que nous avons mise en œuvre présente de multiples intérêts :

- Elle permet l'étude de la conscience de la situation en situation simulée proche d'une situation opérationnelle réelle ;
- Elle n'interfère pas avec l'activité des opérateurs ;
- Elle permet d'assurer un lien étroit entre l'étude de la conscience de la situation et l'activité ;
- De nouvelles métriques adaptées à l'étude de petits réseaux pondérés ont été développées ;
- Ces métriques sont présentées de façon à identifier rapidement le concept qu'elles mesurent ;
- Elle permet la prise en compte du rôle du chef d'équipe dans l'élaboration de la conscience collective de la situation.

Cette méthodologie présente néanmoins plusieurs limites :

- Elle nécessite une adaptation à la complexité de la situation étudiée qui passe nécessairement par une analyse fine de l'activité qui requiert une expertise dans le domaine de l'ergonomie ;
- Le codage des données verbales représente un temps de travail important ;
- La focalisation sur une tâche précise est une limite pour la généralisation des résultats à d'autres situations ;

- Elle n'est applicable en l'état qu'à l'étude d'environnements dans lesquels le partage de la conscience collective de la situation s'effectue principalement par le biais de la communication verbale.

XIV.3. Perspectives

L'une des perspectives de notre recherche de thèse est de compléter l'étude de la conscience de la situation du MDC en montrant comment la CiS de cet opérateur est alimentée, non seulement par la communication verbale (comme étudié dans ce document), mais également par la prise d'informations visuelles.

Dans une phase préliminaire de notre étude, nous avions recueilli les fixations du regard du MDC par des enregistrements oculométriques, pour 10 des 15 équipes étudiées. Mais plusieurs difficultés ont surgi, qui nous ont convaincu d'abandonner cette voie d'investigation dans le cadre de ce mémoire de thèse.

Le premier frein à lancer l'analyse des prises d'informations visuelles a été la charge de travail considérable engendrée par le traitement des données verbales qui forme le cœur du présent mémoire. Il n'était tout simplement pas raisonnable d'inclure une étude supplémentaire.

La seconde difficulté est conceptuelle et porte sur la complexité d'articuler plusieurs types de données, individuelles et collectives, au sein d'une analyse globale qui vise à prendre en compte la dynamique d'élaboration de la conscience de la situation, tout en conservant le lien avec l'activité. Une solution pourra être, pour une étude future, de synchroniser les données verbales et oculométriques afin de permettre une analyse conjointe des deux modalités de prise d'information du MDC.

La troisième difficulté est technique, puisque nous avons été contraints de réaliser un traitement manuel des données oculométriques. Ceci a nécessité une analyse, image par image, de plusieurs heures d'enregistrements vidéo. En effet, aucun traitement automatique des données oculométriques n'a pu être appliqué, du fait des mauvaises conditions de luminosité et des mouvements nombreux du MDC. Le développement récent d'outils plus puissants de traitement automatique des données visuelles pourrait être un moyen de diminuer significativement ce temps de traitement.

La quatrième difficulté réside dans le fait que les comportements de prise d'information visuelle doivent être confirmés par des méthodes complémentaires à l'analyse oculométrique, qui permettent de lever des ambiguïtés. Par exemple, la passation par les MDC d'entretiens d'autoconfrontation à partir de vidéos de leur activité oculométrique est une méthode

particulièrement intéressante, mais complexe à implémenter compte tenu de la disponibilité limitée des opérateurs (Bourgeon et al., 2019).

Chapitre XV. Références bibliographiques

- Adams, M. J., Tenney, Y. J., & Pew, R. W. (1995). Situation awareness and the cognitive management of complex systems. *Human Factors*, *37*(1), 85-104.
- Ahuja, M. K., & Carley, K. M. (1999). Network Structure in Virtual Organizations. *Organization Science*, 10, 741-757. doi: 10.1287/orsc.10.6.741
- Amalberti, R. (1996). La conduite des systèmes à risques: PUF.
- Amalberti, R. (2001). La conduite de systèmes à risques (2d ed.). Paris: Presses Universitaires de France.
- Amalberti, R., & Deblon, F. (1992). Cognitive modelling of fighter aircraft process control: a step towards an intelligent on-board assistance system. *International Journal of Man-Machine Studies*, 36(5), 639-671.
- Amalberti, R., & Hoc, J.-M. (1998). Analyse des activités cognitives en situation dynamique : pour quels buts? Comment? *Le Travail Humain*, 61(3), 209-234.
- Artman, H., & Garbis, C. (1998). *Situation awareness as distributed cognition*. Paper presented at the ECCE 1998, Limerick.
- Bailly, B. (2004). Conscience de la situation des conducteurs : aspects fondamentaux, méthodes et application pour la formation des conducteurs. (Thèse de doctorat), Université Lumière Lyon II, Lyon.
- Balkundi, P., & Harrison, D. A. (2006). Ties, Leaders, And Time In Teams: Strong Inference About Network Structure's Effects On Team Viability And Performance. *Academy of Management Journal*, 49, 49-68. doi: 10.5465/amj.2006.20785500
- Barth, S., Schraagen, J. M., & Schmettow, M. (2015). Network measures for characterising team adaptation processes. *Ergonomics*, 58(8), 1287-1302. doi: 10.1080/00140139.2015.1009951
- Barthélemy, M., Barrat, A., Pastor-Satorras, R., & Vespignani, A. (2005). Characterization and modeling of weighted networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, *346*, 34-43. doi: 10.1016/j.physa.2004.08.047
- Bartlett, F. C. (1932). *Remembering: a study in experimental and social psychology*. London, UK: Cambridge University Press.
- Bavelas, A. (1948). A Mathematical Model for Group Structures. *Human Organization*, 7, 16-30. doi: 10.17730/humo.7.3.f4033344851gl053
- Bavelas, A. (1950). Communication Patterns in Task-Oriented Groups. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 22, 725-730. doi: 10.1121/1.1906679
- Bedny, G., & Karwowski, W. (2003). A systematic-structural activity approach to the design of human-computer interaction tasks. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 16(2), 235-260.
- Bedny, G., & Meister, D. (1999). Theory of activity and situation awareness. *International Journal of Cognitive Ergonomics*, 3(1), 63-72.
- Bedny, G., Seglin, M., & Meister, D. (2000). Activity theory: History, research and application. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 1(2), 168-206.
- Bellet, T., Bailly-Asuni, B., Boy, G., Boverie, S., & Hoc, J.-M. (2006). *Conscience de la situation : regards croisés aéronautique-automobile*. Paper presented at the Journées Internationales d'Etudes "Vers des ingénieries et technologies communes aux transports", Paris, France.
- Blassingame, S. (2001). *Analysis of self-reported sleep patterns*. (Mémoire de Maîtrise), Naval Postgraduate school, Monterey, Canada.

- Bolstad, C. A., Foltz, P., Franzke, M., Cuevas, H. M., Rosenstein, M., & Costello, A. M. (2007). Predicting Situation Awareness from Team Communications. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 51(12), 789-793. doi: 10.1177/154193120705101203
- Bourbousson, J., Poizat, G., Saury, J., & Sève, C. (2011). Cognition collective: partage de préoccupations entre les joueurs d'une équipe de basket-ball au cours d'un match. [Collective Knowledge: Shared Concerns Among Basketball Team Players During a Game]. *Le Travail Humain*, 74(1), 59-90. doi: 10.3917/th.741.0059
- Bourgeon, L. (2011). Mécanismes cognitifs et rôle du collectif dans la persévération : gestion d'événements imprévus dans l'activité de pilotage militaire. (Thèse de doctorat), Université de Toulouse.
- Bourgeon, L., Ardouin, J.-C., & Darses, F. (2014). Livrable Biomedef 2013. Impact des modes de coopération sur la prise de décision en situation opérationnelle: Rapport de l'Institut de Recherche Biomédicale des Armées.
- Bourgeon, L., Tardan, V., Dozias, B., & Darses, F. (2019). Apports des entretiens d'auto-confrontation basés sur des vidéos oculométriques pour rendre compte des processus d'élaboration de la conscience de la situation. Paper presented at the colloque EPIQUE 2019, Lyon, France.
- Bowers, M. R., & Jarvis, J. P. (1992). A Hierarchical Production Planning and Scheduling Model. *Decision Sciences*, 23, 144-159. doi: 10.1111/j.1540-5915.1992.tb00381.x
- Bratman, M. E. (1992). Shared Cooperative Activity. *The Philosophical Review*, 101, 327. doi: 10.2307/2185537
- Brown, T. M., & Miller, C. E. (2000). Communication Networks in Task-Performing Groups: Effects of Task Complexity, Time Pressure, and Interpersonal Dominance. *Small Group Research*, *31*, 131-157. doi: 10.1177/104649640003100201
- Burt, R. S. (1992). *Structural holes: The social structure of competition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Cannon-Bowers, J. A., Salas, E., & Converse, S. (1993). Shared mental models in expert team decision making. *Individual and group decision making: Current issues* (pp. 221-246). Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Carsten, O., & Vanderhaegen, F. (2015). Situation awareness: Valid or fallacious? *Cognition, Technology & Work, 17*, 157-158. doi: 10.1007/s10111-015-0319-1
- Casson, R. W. (1983). Schemata in cognitive antropology. *Annual review of anthropology*, 12(1), 429-462.
- Cayot, S. (2017). Les troubles de la vigilance chez les sous-mariniers. (Thèse de doctorat), Université de Lorraine.
- Cellier, J.-M., Eyrolle, H., & Marine, C. (1997). Expertise in dynamic environments. *Ergonomics*, 40, 28-50. doi: 10.1080/001401397188350
- Cellier, J.-M., & Hoc, J.-M. (2001). La gestion d'environnements dynamiques. *Psychologie française*, 46(2), 95.
- Cellier, J.-M., Keyser (De), V., & Valot, C. (1996). La gestion du temps dans les environnements dynamiques. Paris: Presses Universitaires de France.
- Chalandon, X. (1998). Situation awareness : de la perception à la conscience de la situation étude de la régulation tactique par des pilotes de combat. (Mémoire de DEA), Paris Sorbonne.
- Chalandon, X. (2003). Situation awareness en conception système. Paper presented at the colloque EPIQUE 2003.

- Chalandon, X. (2007). *Conscience de la situation : invariants internes et invariants externes*. (Thèse de doctorat), Conservatoire National des Arts et Métiers.
- Chauvin, C. (2000). Analyse de l'activité d'anti-collision à bord des navires de commerce : des marques linguistiques aux représentations mentales. *Le Travail Humain*, 63(1), 31-58.
- Chauvin, C., & Clostermann, J.-P. (2015). Analyser la cognition d'équipe à la lumière des boucles de communication : Application à l'analyse des processus d'équipe en passerelle de navire. Paper presented at the colloque EPIQUE 2015.
- Chauvin, C., Clostermann, J.-P., & Hoc, J.-M. (2008). Situation Awareness and the Decision-Making Process in a Dynamic Situation: Avoiding Collisions at Sea. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 2(1), 1-23.
- Converse, S. A., & Kahler, S. E. (1992). *Shared mental models, team performance and knowledge acquisition*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Psychological Association,, Washington, US.
- Cooke, N. J., Gorman, J. C., Myers, C. W., & Duran, J. L. (2013). Interactive Team Cognition. *Cognitive Science*, 37, 255-285. doi: 10.1111/cogs.12009
- Cooke, N. J., Salas, E., Kiekel, P. A., & Bell, B. (2004). Advances in measuring team cognition. In E. Salas & S. M. Flore (Eds.), *Team cognition: Understanding the factors that drive process and performance.* (pp. 83-106). Washington, DC, US: American Psychological Association.
- Cross, R., & Cummings, J. N. (2004). Tie and network correlates of individual performance in knowledge-intensice work. *Academy of Management Journal*, 47, 928-937. doi: 10.2307/20159632
- Cummings, M. L. (2004). The need for command and control instant message adaptive interfaces: lessons learned from Tactical Tomahawk human-in-the-loop simulations. *CyberPsychology & Behavior*, 7(6), 653-661. doi: 10.1089/cpb.2004.7.653
- DeChurch, L. A., & Marks, M. A. (2006). Leadership in multiteam systems. *Journal of Applied Psychology*, 91, 311-329. doi: 10.1037/0021-9010.91.2.311
- DeChurch, L. A., & Mesmer-Magnus, J. R. (2010). The cognitive underpinnings of effective teamwork: A meta-analysis. *Journal of Applied Psychology*, *95*, 32-53. doi: 10.1037/a0017328
- Dehais, F., Causse, M., & Pastor, J. (2008). *Embedded eye tracker in a real aircraft: new perspectives on pilot/aircraft interaction monitoring*. Paper presented at the 3rd International Conference on Research in Air Transportation, US.
- Dekker, S. W. A. (2004). The hindsight bias is not a bias and not about history. *Human Factors and Aerospace Safety*, 4(2), 87-99.
- Dekker, S. W. A. (2013). On the epistemology and ethics of communicating a Cartesian consciousness. *Safety Science*, *56*, 96-99. doi: https://doi.org/10.1016/j.ssci.2012.05.028
- Dekker, S. W. A. (2015). The danger of losing situation awareness. *Cognition, Technology & Work,* 17(2), 159-161.
- Duncan, W. J. (1973). Communications Theory and Problems of Knowledge Flow in Management. Journal of Business Communication, 11, 3-14. doi: 10.1177/002194367301100101
- Dusire, S. (2000). *Naviguer dans un espace verbal : la construction de la conscience de la situation.* (Thèse de doctorat), Conservatoire National des Arts et Métiers.
- Endsley, M. R. (1988). *Design and evaluation for situation awareness enhancement*. Paper presented at the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting
- Endsley, M. R. (1993). A survey of situation awareness requirements in air-to-air combat fighters. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(2), 157-168.

- Endsley, M. R. (1995a). Measurement of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors*, 37(1), 65-84. doi: 10.1518/001872095779049499
- Endsley, M. R. (1995b). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors*, *37*(1), 32-64. doi: 10.1518/001872095779049543
- Endsley, M. R. (2015). Situation Awareness Misconceptions and Misunderstandings. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 9(1), 4-32. doi: 10.1177/1555343415572631
- Endsley, M. R., & Jones, W. M. (2001). A Model of Inter and Intra-Team Situation Awareness: Implications for Design, Training and Measurement. In M. McNeese, E. Salas & M. R. Endsley (Eds.), *New Trends in Cooperative Activities: Understanding System Dynamics in Complex Environments*. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Endsley, M. R., & Kiris, E. O. (1995). The Out-of-the-Loop Performance Problem and Level of Control in Automation. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 37, 381-394. doi: 10.1518/001872095779064555
- Endsley, M. R., & Robertson, M. M. (2000). Situation awareness in aircraft maintenance teams. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26(2), 301-325. doi: https://doi.org/10.1016/S0169-8141(99)00073-6
- Espevik, R., Johnsen, B. H., & Eid, J. (2011). Communication and Performance in Co-Located and Distributed Teams: An Issue of Shared Mental Models of Team Members? *Military Psychology*, 23, 616-638. doi: 10.1080/08995605.2011.616792
- Eyrolle, H., Mariné, C., & Mailles, S. (1996). La simulation dans les environnements dynamiques : intérêts et limites. In J. M. Cellier, V. Keyser (De) & C. Valot (Eds.), *La gestion du temps dans les environnements dynamiques*. Paris, France: PUF.
- Falzon, P. (1994). Dialogues fonctionnels et activité collective. Le Travail Humain, 57, 299-312.
- Fioratou, E., Flin, R., Glavin, R., & Patey, R. (2010). Beyond monitoring: distributed situation awareness in anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*, 105(1), 83-90. doi: https://doi.org/10.1093/bja/aeq137
- Flach, J. M. (1995). Situation Awareness: Proceed with Caution. Human Factors, 37, 149-157.
- Flach, J. M. (2015). Situation Awareness: Context Matters! A Commentary on Endsley. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 9, 59-72. doi: 10.1177/1555343414561087
- Flach, J. M., Dekker, S. W. A., & Jan Stappers, P. (2008). Playing twenty questions with nature (the surprise version): reflexion on the dynamics of experience. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 9(2), 125-154.
- Flach, J. M., & Rasmussen, J. (2000). Cognitive engineering: Designing for situation awareness. In N. B. Sarter & R. Amalberti (Eds.), *Cognitive engineering in the aviation domain* (pp. 165-192): CRC Press.
- Fornette, M. P., & Jollans, J. Y. (2016). Former les équipes à la sécurité et à la performance avec le Crew Ressource Management. Toulouse, France: Octarès Edition.
- Fracker, M. L. (1988). *A theory of situation assessment: implications for measuring situation awareness.*Paper presented at the Human Factors Society Annual Meeting.
- Freeman, L. C. (1977). A Set of Measures of Centrality Based on Betweenness. *Sociometry*, 40, 35. doi: 10.2307/3033543
- Friedkin, N. E., & Slater, M. R. (1994). School Leadership and Performance: A Social Network Approach. *Sociology of Education*, 67, 139. doi: 10.2307/2112701

- Garbis, C., & Artman, H. (2004). Team situation awareness as communicative practices. In S. Banbury & S. Tremblay (Eds.), *A cognitive approach to situation awareness: theory and application*. Ashgate: Aldershot, UK.
- Garrod, S., & Sanford, A. J. (1981). Bridging interfences and the extended domain of reference. *Attention and performance IX*, 331-346.
- Ghiglione, R., Kekenbosch, C., & Landré, A. (1995). *L'analyse cognitivo-discursive*. Grenoble, France: Presse Universitaire de Grenoble.
- Ghiglione, R., & Richard, J. F. (1999). *Cours de psychologie 4 : mesures et analyses*. Paris, France: Dunot.
- Gibson, J. J. (1979). The ecological approach to visual perception. Boston, US: Houghton-Mifflin.
- Golightly, D., Wilson, J. R., Lowe, E., & Sharples, S. (2010). The role of situation awareness for understanding signalling and control in rail operations. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 11(1-2), 84-98.
- Gorman, J. C., Cooke, N. J., & Winner, J. L. (2006). Measuring team situation awareness in decentralized command and control environments. *Ergonomics*, 49(12-13), 1312-1325. doi: 10.1080/00140130600612788
- Grau, J.-Y., & Amalberti, R. (1990). Le transfert de connaissance: enjeux pour l'aéronautique. *Médecine Aéronautique et Spatiale*, 29(113), 62-68.
- Grau, J.-Y., Menu, J.-P., & Amalberti, R. (1995). *La conscience de la situation en aéronautique de combat*. In AGARD conference proceedings 575, Neuilly-sur-Seine, France.
- Gugerty, L. J. (1997). Situation Awareness during driving: Explicit and implicit knowledge in dynamic spatial memory. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, *3*(1), 42-66.
- Harary, F. (1994). Sum graphs over all the integers. *Discrete Mathematics*, 124(1-3), 99-105.
- Hardouin, J., Padlo, F., Schmid, B., & Rabat, A. (2012). Travail posté, somnolence, fatigue, attention, prise de décision du militaire. *Neurophysiologie Clinique*, 42(3), 140-141.
- Harris, C. J., & White, I. (1987). *Advances in command, control & communication systems*. London, U.K: P. Peregrinus, on behalf of the Institution of Electrical Engineers.
- Harwood, K., Barnett, B., & Wickens, C. D. (1988). *Situational awareness: A conceptual and methodological framework*. Paper presented at the Proceedings of the 11th Biennial psychology in the department of Defense Symposium.
- 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(5), 539-551. doi: https://doi.org/10.1016/j.jbi.2007.02.001
- Henttonen, K. (2010). Exploring social networks on the team level A review of the empirical literature. *Journal of Engineering and Technology Management*, 27(1), 74-109. doi: 10.1016/j.jengtecman.2010.03.005
- Hoc, J.-M. (1989). Strategies in controlling a continuous process with long response latencies: needs for computer support to diagnosis. *International Journal of Man-Machine Studies*, 30(1), 47-67. doi: 10.1016/S0020-7373(89)80020-3
- Hoc, J.-M. (1991). L'extraction des connaissances et l'aide à l'activité humaine. *Expertise et Sciences Cognitives*, 12, 33-64.
- Hoc, J.-M. (1996). *Supervision et contrôle de processus : la cognition en situation dynamique*. Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble.

- Hoc, J.-M. (2000). From human-machine interaction to human-machine cooperation. *Ergonomics*, *43*(7), 833-843. doi: 10.1080/001401300409044
- Hoc, J.-M. (2007). *Hommage à Jean-François Richard : la modélisation des activités complexes*. Paper presented at the Congrès 2007 de la société Française de Psychologie, Nantes.
- 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. (1995). Diagnosis: Some theoritical questions raised by applied research. *Current psychology of cognition*, *14*(1), 73-101.
- 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., Cellier, J.-M., & Grosjean, V. (2004). Adaptation et gestion des risques en situation dynamique. In J.-M. Hoc & F. Darses (Eds.), *Psychologie ergonomique : tendances actuelles*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Hoc, J.-M., & Darses, F. (2004). Chapitre 1 : introduction. In Hoc (Ed.), *Psychologie ergonomique : tendances actuelles* (pp. 1-13). France: Presse Universitaire de France.
- 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, 1-32. doi: 10.1207/s15327108ijap0801_1
- Hoffman, R. R. (2015). Origins of Situation Awareness: Cautionary Tales From the History of Concepts of Attention. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 9, 73-83. doi: 10.1177/1555343414568116
- Hoffman, R. R., Shadbolt, N. R., Burton, A. M., & Klein, G. (1995). Eliciting Knowledge from Experts: A Methodological Analysis. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 62(2), 129-158. doi: https://doi.org/10.1006/obhd.1995.1039
- Hogg, D. N., Folles, K., Strand-Volden, F., & Torralba, B. (1995). Development of a situation awareness measure to evaluate advanced alarm systems in nuclear power plant control rooms. *Ergonomics*, 38, 2394-2413. doi: 10.1080/00140139508925275
- Hollnagel, E., & Woods, D. D. (2005). *Joint cognitive systems: fondations of cognitive systems engineering*. CRC Press.
- Houghton, R. J., Baber, C., Stanton, N. A., Jenkins, D. P., & Revell, K. (2015). Combining network analysis with Cognitive Work Analysis: insights into social organisational and cooperation analysis. *Ergonomics*, *58*, 434-449. doi: 10.1080/00140139.2014.966770
- Hutchins, E. (1995). Cognition in the wild. MIT Press: Cambridge, MA.
- Hutchins, E., Weibel, N., Emmenegger, C., Fouse, A., & Holder, B. (2013). An integrative approach to understanding flight crew activity. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 7, 353-376. doi: 10.1177/1555343413495547
- Jacobs, T. O., & McGee, M. L. (2001). Competitive advantage. Conceptual imperatives for executives. In S. J. Zaccaro & R. J. Klimoski (Eds.), *The Jossey-Bass business & management series. The nature of organizational leadership: understanding the performance imperatives confronting today's leaders.* (pp. 42-78). San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Jakobson, R. (1960). "Linguistics and poetics" in style in language. Place of publication not identified: Mit Press.
- Jones, D. G., & Endsley, M. R. (1996). Sources of situation awareness errors in aviation. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 67, 507-512.

- Jones, D. G., & Endsley, M. R. (2000). Overcoming representational errors in complex environments. *Human Factors*, 42(3), 367-378.
- Jones, D. G., & Kaber, D. (2004). Situation Awareness Measurement and the Situation Awareness Global Assessment Technique. In N. A. Stanton, A. Hedge, K. Brookhuis, E. Salas & H. W. Hendrick (Eds.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*. (pp. 41-48). CRC Press.
- Kaiser, R. B., Hogan, R., & Craig, S. B. (2008). Leadership and the fate of organizations. *American Psychologist*, 63, 96-110. doi: 10.1037/0003-066X.63.2.96
- Kalloniatis, A., Ali, I., Neville, T., La, P., Macleod, I., Zuparic, M., & Kohn, E. (2017). The Situation Awareness Weighted Network (SAWN) model and method: Theory and application. *Applied Ergonomics*, 61, 178-196. doi: 10.1016/j.apergo.2017.02.002
- Katz, L. (1953). A new status index derived from sociometric analysis. *Psychometrika*, 18, 39-43.
- Klein, G. (1995). The world of mental simulation in problem solving and decision making. *Local application of the ecological approach to human-machine systems* (Vol. 2, pp. 324-358).
- Klein, G. (2015a). A naturalistic decision making perspective on studying intuitive decision making. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 4(3), 164-168.
- Klein, G. (2015b). Whose Fallacies? *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 9, 55-58. doi: 10.1177/1555343414551827
- Klein, G., Calderwood, R., & MacGregor, D. (1989). Critical decision method for eliciting knowledge. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 19*, 462-472. doi: 10.1109/21.31053
- Klein, G., Moon, B., & Hoffman, R. R. (2006). Making Sense of Sensemaking 1: Alternative Perspectives. *IEEE Intelligent Systems*, 21(4), 70-73. doi: 10.1109/MIS.2006.75
- Korkiakangas, T., Weldon, S. M., Bezemer, J., & Kneebone, R. (2014). Nurse-surgeon object transfer: video analysis of communication and situation awareness in the operating theatre. *Int J Nurs Stud*, *51*(9), 1195-1206. doi: 10.1016/j.ijnurstu.2014.01.007
- Kozlowski, S. W., Gully, S. M., McHugh, P. P., Salas, E., & Cannon-Bowers, J. A. (1996). A dynamic theory of a leadership and team effectiveness. Developmental and task contingent leader rules. *Research in personal and human ressources management, 14*, 253-306.
- Kozlowski, S. W., Gully, S. M., Salas, E., & Cannon-Bowers, J. A. (1996). Team leadership and development: Theory, principles, and guidelines for training leaders and teams. In M. M. Beyerlein, D. A. Johnson & S. T. Beyerlein (Eds.), *Advancies in interdisciplinary studies of work teams: Team leadership* (Vol. 3, pp. 253-291). US: Elsevier science/JAI Press.
- Kozlowski, S. W., & Klein, K. J. (2000). A multilevel approach to theory and research in organizations: Contextual, temporal, and emergent processes. In K. J. Klein & S. W. Kozlowski (Eds.), *Multilevel theory, research and methods in organizations: Foundations, extensions, and new directions* (pp. 3-90). San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). An Application of Hierarchical Kappa-type Statistics in the Assessment of Majority Agreement among Multiple Observers. *Biometrics*, 33, 363. doi: 10.2307/2529786
- Leavitt, H. J. (1951). Some effects of certain communication patterns on group performance. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 46(1), 38-50. doi: 10.1037/h0057189
- Lee, S. W., Kim, A. R., Park, J., Kang, H. G., & Seong, P. H. (2016). Measuring Situation Awareness of Operating Team in Different Main Control Room Environments of Nuclear Power Plants. *Nuclear Engineering and Technology*, 48(1), 153-163. doi: https://doi.org/10.1016/j.net.2015.09.008

- Lee, S. W., Park, J., Kim, A. r., & Seong, P. H. (2012). Measuring situation awareness of operation teams in NPPs using a verbal protocol analysis. *Annals of Nuclear Energy*, *43*, 167-175. doi: https://doi.org/10.1016/j.anucene.2011.12.005
- Levi, M., Torrance, E. P., & Pletts, G. O. (1954). Sociometric Studies of Combat Air Crews in Survival Training. *Sociometry*, *17*, 304. doi: 10.2307/2785962
- Macquet, A. C., & Stanton, N. A. (2014). Do the coach and athlete have the same "picture" of the situation? Distributed Situation Awareness in an elite sport context. *Applied Ergonomics*, 45(3), 724-733.
- Marks, M. A., Mathieu, J. E., & Zaccaro, S. J. (2001). Temporally based-framework and taxonomy of teams processes. *Academy of Management Review*, 26, 356-376.
- Marques, J. F., & McCall, C. (2005). The Application of Interrater Reliability as a Solidification Instrument in a Phenomenological Study. *The Qualitative Report*, 10, 439-462.
- Matthews, M. D., & Beal, S. A. (2002). Assessing situation awareness in field training exercises. Research Report 1795, US Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences.
- McGrath, J. E. (1984). Groups: interaction and performance. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall.
- Midkiff, A. H., & Hansman, R. J. (1993). Identification of Important "Party Line" Information Elements and the Implications for Situational Awareness in the Datalink Environment. *Air Traffic Control Quaterly, 1*(1), 5-30. doi: 10.4271/922023
- Miller, N. L., Kenney, A., & Matsangas, P. (2011). The role of sleep in the military: implications for training and operational effectiveness. (Mémoire de Maîtrise), Naval Postgraduate School, Monterey, Canada.
- Millot, P. (2013). Ergonomie des systèmes homme-machine : Conception et coopération: Hermes Science Publications.
- Millot, P. (2015). Situation Awareness: Is the glass half empty or half full? *Cognition, Technology & Work, 17*, 169-177. doi: 10.1007/s10111-015-0322-6
- Millot, P., & Hoc, J.-M. (1997). Human-Machine Cooperation: Metaphor or possible reality? *Proceedings of the 2nd European Conference on Cognitive Science ECCS*'97, 165-174.
- Millot, P., & Pacaux-Lemoine, M.-P. (2013). A Common Work Space for a mutual enrichment of Human-machine Cooperation and Team-Situation Awareness. *IFAC Proceedings*, 46, 387-394. doi: 10.3182/20130811-5-US-2037.00061
- Montmollin (de), M. (1986). *L'intelligence de la tâche éléments d'ergonomie cognitive*. Berne, Suisse: Peter Lang Verlag.
- Moore, K. (2009). Comparison of Eye Movement Data to DirectMeasures of Situation Awareness for Development a Novel Measurement Technique in Dynamic, Uncontrolled Test Environments. (PhD Dissertation), Clemson University.
- Moreno, J. L. (1934). Who shall survive?: A new approach to the problem of human interrelations. Washington: Nervous and Mental Disease Publishing Co.
- Munduteguy, C., & Darses, F. (2000). Facteurs de transgression d'un mode de coopé-ration prescrit par l'organisation pour un mode de coopération adapté à résoudre. In T. H. Benchekroun & A. Weill-Fassina (Eds), *Le travail collectif. Perspectives actuelles en ergonomie* (pp. 165-192). Toulouse: Octarès.
- Neisser, U. (1976). Cognition and reality: principles and applications of cognitive psychology. WH Freeman & Co.
- Neyns, V. (2011). Les modalités du contrôle cognitif en situation dynamique: anticipation et gestion des dérives. (Thèse de doctorat), Université de Toulouse.

- Norman, D. A. (1976). *Memory and attention: An introduction to human information processing.* Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- O'Meara, P., Munro, G., Williams, B., Cooper, S., Bogossian, F., Ross, L., . . . McClounan, M. (2015). Developing situation awareness amongst nursing and paramedicine students utilizing eye tracking technology and video debriefing techniques: A proof of concept paper. *International Emergency Nursing*, 23, 94-99. doi: 10.1016/j.ienj.2014.11.001
- O'Niel, M. J., & Robertson, M. M. (1996). A participatory design process for developing ergonomic office design criteria. In O. Brown & H. W. Hendrick (Eds.), *Human factors in organisational design and management* (pp. 209-215). Amsterdam: V. North-Holland.
- Olsen, O. K. (2013). The impact of partial sleep deprivation on military naval officers' ability to anticipate moral and tactical programms in a simulated maritime combat operation. *International Maritime Health*, 64(2), 61-65.
- Olsen, O. K., Pallesen, S., Torsheim, T., & Espevik, R. (2016). The effect of sleep deprivation on leadership behaviour in military officers: an experimental study. *Journal of Sleep Research*, 25(6), 683-686. doi: 10.1111/jsr.12431
- Orasanu, J. (1990). *Shared mental models and crew decision making*. Paper presented at the Twelfth Annual Conference of the Cognitive Science Society.
- Orasanu, J. (1994). Shared problem models and flight crew performance. In N. Johnston, N. McDonald & R. Fuller (Eds.), *Aviation psychology in practice* (pp. 255-285). Aldershot: Avebury technical.
- Øvergård, K. I., Sorensen, L. J., Nazir, S., & Martinsen, T. J. (2015). Critical incidents during dynamic positioning: operators' situation awareness and decision-making in maritime operations. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 16(4), 366-387. doi: 10.1080/1463922X.2014.1001007
- Paris, C. R., Salas, E., & Cannon-Bowers, J. A. (2000). Team work in multi-person systems: a review and analysis. *Ergonomics*, 43(8), 1052-1075.
- Park, J. (2011). The use of a social network analysis technique to investigate the characteristics of crew communications in nuclear power plants—A feasibility study. *Reliability Engineering & System Safety*, 96(10), 1275-1291. doi: https://doi.org/10.1016/j.ress.2011.05.003
- Park, J., Jung, W., & Yang, J.-E. (2012). Investigating the effect of communication characteristics on crew performance under the simulated emergency condition of nuclear power plants. *Reliability Engineering & System Safety*, 101, 1-13. doi: https://doi.org/10.1016/j.ress.2012.01.003
- 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), 477-485. doi: https://doi.org/10.1016/j.jbi.2010.04.002
- Patrick, J., James, N., & Ahmed, A. (2007). Awareness of control room teams. [Awareness of Control Room Teams]. *Le Travail Humain*, 70(1), 67-94. doi: 10.3917/th.701.0067
- Patrick, J., & Morgan, P. L. (2010). Approaches to understanding, analysing and developing situation awareness. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 11(1-2), 41-57. doi: 10.1080/14639220903009946
- Pew, R. W. (2000). The state of situation awareness measurement: Heading toward the next century. In M. R. Endsley & D. J. Garland (Eds), *Situation Awareness Analysis and Measurement* (pp. 33-47). Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Philip, P., & Akerstedt, T. (2006). Transport and industrial safety, how are they affected by sleepiness and sleep restriction. *Sleep Medicine Reviews*, 10(5), 347-356.

- Piaget, J. (1977). *The development of thought: Equilibration of cognitive structures*. Oxford, England: Viking.
- Piaget, J., & Gréco, P. (1959). Apprentissage et connaissance: Press Univ. de France.
- Pritchett, A. R. (2015). Preface to the *JCEDM* Special Issue on Situation Awareness. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 9, 3-3. doi: 10.1177/1555343415572807
- Pritchett, A. R., Hansman, R. J., & Johnson, E. N. (1995). Use of testable responses for performance-based measurement of situation awareness. *Experimental analysis and measurement of situation awareness* (pp. 75–81). Daytona Beach, FL: Embry-Riddle Univer-sity Press.
- Rafferty, L. A., Stanton, N. A., & Walker, G. H. (2013). Great expectations: A thematic analysis of situation awareness in fratricide. *Safety Science*, *56*, 63-71. doi: https://doi.org/10.1016/j.ssci.2012.03.020
- Rasmussen, J. (1986). Information processing and human-machine interaction: An approach to cognitive engineering. Amsterdan: Elsevier.
- Rasmussen, J. (1997). Risk management in a dynamic society: a modelling problem. *Safety Science*, 27, 183-213. doi: 10.1016/S0925-7535(97)00052-0
- Rasmussen, J., Pejterson, A. M., & Goodstein, L. P. (1994). *Cognitive systems engineering*. New York, US: Wiley Series in Systems Engineering.
- Reinartz, S. J., & Reinartz, G. (1992). Verbal communication in collective control of simulated nuclear power plant incidents. *Reliability Engineering & System Safety*, *36*(3), 245-251. doi: https://doi.org/10.1016/0951-8320(92)90071-R
- Richard, J. F. (1990). La notion de représentation et les formes de représentation. In J. F. Richard, C. Bonnet & R. Ghiglione (Eds.), *Traité de psychologie cognitive* (pp. 36-41). Paris, Dunod.
- Rogalski, J. (1994). Formation aux activités collectives. Le Travail Humain, 57(4), 367-386.
- Salas, E., Prince, C., Baker, D. P., & Shrestha, L. (1995). Situation Awareness in Team Performance: Implications for Measurement and Training. *Human Factors*, *37*, 123-136. doi: 10.1518/001872095779049525
- Salas, E., Rosen, M. A., Burke, C. S., Nicholson, D., & Howse, W. R. (2007). Markers for enhancing team cognition in complex environments: The power of team performance diagnosis. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 78(5), B77-B85.
- Salembier, P., & Zouinar, M. (2004). Intelligibilité mutuelle et contexte partagé: Inspirations conceptuelles et réductions technologiques. *Activites*, *01*. doi: 10.4000/activites.1243
- Salmon, P., Stanton, N. A., Walker, G., & Green, D. (2006). Situation awareness measurement: A review of applicability for C4i environments. *Applied Ergonomics*, *37*, 225-238. doi: 10.1016/j.apergo.2005.02.001
- Salmon, P. M., Stanton, N. A., Walker, G. H., Baber, C., Jenkins, D. P., McMaster, R., & Young, M. S. (2008). What really is going on? Review of situation awareness models for individuals and teams. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 9(4), 297-323. doi: 10.1080/14639220701561775
- Salmon, P. M., Stanton, N. A., Walker, G. H., Jenkins, D., Baber, C., & McMaster, R. (2008). Representing situation awareness in collaborative systems: a case study in the energy distribution domain. *Ergonomics*, *51*(3), 367-384. doi: 10.1080/00140130701636512
- Salmon, P. M., Stanton, N. A., Walker, G. H., Jenkins, D. P., & Rafferty, L. (2010). Is it really better to share? Distributed situation awareness and its implications for collaborative system design. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 11(1-2), 58-83. doi: 10.1080/14639220903009953

- Salmon, P. M., Stanton, N. A., & Young, K. L. (2012). Situation awareness on the road: review, theoretical and methodological issues, and future directions. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, *13*(4), 472-492. doi: 10.1080/1463922X.2010.539289
- Samurçay, R., & Hoc, J.-M. (1996). Causal versus topographical support for diagnosis in a dynamic situation. *Le Travail Humain*, *59*(1), 45-68.
- 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.
- Schraagen, J. M., & Post, W. (2014). Characterizing naval team readiness through social network analysis. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 58, 325-329. doi: 10.1177/1541931214581067
- Schraagen, J. M., Veld, M., Huis, I., & De Koning, L. (2010). Information Sharing During Crisis Management in Hierarchical vs. Network Teams: Hierarchical vs. Network Teams. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 18, 117-127. doi: 10.1111/j.1468-5973.2010.00604.x
- Scott, J. (2000). *Social network analysis: a handbook* (2nd ed.). London; Thousands Oaks, CA: SAGE Publications.
- Shu, Y., & Furuta, K. (2005). An inference method of team situation awareness based on mutual awareness. *Cognition, Technology & Work, 7*, 272-287. doi: 10.1007/s10111-005-0012-x
- Smith-Jentsch, K. A., Zeisig, R. L., Acton, B., & McPherson, J. A. (1998). Team dimensional training: A strategy for guided team self-correction. In J. A. Cannon-Bowers & E. Salas (Eds.), *Making decisions under stress: implications for individual and team training.* (pp. 271-297). Washington, DC, US: American Psychological Association.
- Smith, K., & Hancock, P. A. (1994). Situation awareness is adaptive, externally-directed consciousness. In R. D. Gilson, D. J. Garland & J. M. Koonce (Eds.), *Situational awareness in complex systems* (pp. 59-68). Daytona Beach, FL: Embry-Riddle Aeronautical University Press.
- Sonnenwald, D. H., & Pierce, L. G. (2000). Information behavior in dynamic group work contexts: interwoven situational awareness, dense social networks and contested collaboration in command and control. *Information Processing & Management*, *36*(3), 461-479. doi: https://doi.org/10.1016/S0306-4573(99)00039-4
- Sorensen, L. J., Øvergård, K., & Martinsen, T. (2014). Understanding human decision making during critical incidents in dynamic positioning. In S. Sharples & S. Shorrock (Eds.), *Contemporary Ergonomics and Human Factors* 2014 (pp. 359-366): Taylor & D. Francis.
- Sorensen, L. J., & Stanton, N. A. (2011). Is SA shared or distributed in team work? An exploratory study in an intelligence analysis task. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *41*(6), 677-687. doi: https://doi.org/10.1016/j.ergon.2011.08.001
- Sorensen, L. J., & Stanton, N. A. (2015). Exploring compatible and incompatible transactions in teams. *Cognition, Technology & Work, 17*(3), 367-380. doi: 10.1007/s10111-015-0335-1
- Sorensen, L. J., & Stanton, N. A. (2016). Keeping it together: The role of transactional situation awareness in team performance. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *53*, 267-273. doi: https://doi.org/10.1016/j.ergon.2016.02.007
- Sorensen, L. J., Stanton, N. A., & Banks, A. P. (2011). Back to SA school: contrasting three approaches to situation awareness in the cockpit. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 12, 451-471. doi: 10.1080/1463922X.2010.491874
- Stanton, N. A., & Bessell, K. (2014). How a submarine returns to periscope depth: Analysing complex socio-technical systems using Cognitive Work Analysis. *Applied Ergonomics*, 45(1), 110-125. doi: https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.04.022

- Stanton, N. A., Chambers, P. R. G., & Piggott, J. (2001). Situational awareness and safety. *Safety Science*, *39*(3), 189-204. doi: https://doi.org/10.1016/S0925-7535(01)00010-8
- Stanton, N. A., Salmon, P. M., & Walker, G. H. (2014). Let the Reader Decide: A Paradigm Shift for Situation Awareness in Sociotechnical Systems. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 9(1), 44-50. doi: 10.1177/1555343414552297
- Stanton, N. A., Salmon, P. M., Walker, G. H., & Jenkins, D. (2009). Genotype and Phenotype schemata as models of situation awareness in dynamic command and control teams. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(3), 480-489.
- Stanton, N. A., Salmon, P. M., Walker, G. H., & Jenkins, D. P. (2010). Is situation awareness all in the mind? *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 11(1-2), 29-40. doi: 10.1080/14639220903009938
- Stanton, N. A., Stewart, R., Harris, D., Houghton, R. J., Baber, C., McMaster, R., . . . Green, D. (2006a). Distributed situation awareness in dynamic systems: theoretical development and application of an ergonomics methodology. *Ergonomics*, 49, 1288-1311. doi: 10.1080/00140130600612762
- Stanton, N. A., Stewart, R., Harris, D., Houghton, R. J., Baber, C., McMaster, R., . . . Green, D. (2006b). Distributed situation awareness in dynamic systems: theoretical development and application of an ergonomics methodology. *Ergonomics*, 49(12-13), 1288-1311. doi: 10.1080/00140130600612762
- Stanton, N. A., Walker, G. H., & Sorensen, L. J. (2012). It's a small world after all: contrasting hierarchical and edge networks in a simulated intelligence analysis task. *Ergonomics*, *55*, 265-281. doi: 10.1080/00140139.2011.642006
- Stanton, N. A., & Young, M. S. (1999). What price ergonomics? *Nature*, 399, 197-198. doi: 10.1038/20298
- Stanton, N. A., & Young, M. S. (2003). Giving ergonomics away? The application of ergonomics methods by novices. *Applied Ergonomics*, 34, 479-490. doi: 10.1016/S0003-6870(03)00067-X
- Stewart, R., Stanton, N. A., Harris, D., Baber, C., Salmon, P., Mock, M., . . . Kay, A. (2008). Distributed situation awareness in an Airborne Warning and Control System: application of novel ergonomics methodology. *Cognition, Technology & Work, 10*(3), 221-229. doi: 10.1007/s10111-007-0094-8
- Stout, R. J., Cannon-Bowers, J. A., Salas, E., & Milanovich, D. M. (1999). Planning, shared mental models, and coordinated performance: an empirical link is established. *Human Factors*, *41*, 61-71.
- Taylor, R. M. (1990). Situation awareness rating technique (SART): the development of a tool for aircrew systems design. In AGARD Conference Proceedings 478, *Situational Awareness in Aerospace Operations*, (pp.1-17). Neuilly sur-Seine, France: NATO.
- Terssac, G., & Chabaud, C. (1990). Référentiel opératif commun et fiabilité. *Les facteurs humains de la fiabilité dansles systèmes complexes* (pp. 111-139). Toulouse: Octarès.
- Theureau, J. (1997). L'utilisation des simulateurs de salle de contrôle de réacteur nucléaire et de cockpit d'avion à des fins autres que de formation: présentation et discussion des tendances actuelles. In W.-F. A. Béguin P (Ed.), *De la simulation des situations à la situation de simulation* (pp. 113-136). Toulouse: Octares.
- Tolk, J. D., & Keether, G. A. (1982). Advanced medium-range air-to-air missiles (AMRAAM) operational evaluation (OUE) final report (U). Kirtland Air Force Base: NM Air Force Test and Evaluation Center.

- Trousselard, M., Léger, D., Van Beers, P., Coste, O., Vicard, A., Pontis, J., . . . Chenaoui, M. (2016). Dormir sous l'océan. Malgré une isolation complète, les sous-mariniers nucléaires maintiennent leurs rythmes pendant 70 jours sous l'océan. *Médecine du sommeil*, 13(1), 20-21.
- Urban, J. M., Weaver, J. L., Bowers, C. A., & Rhodenizer, L. (1996). Effects of workload and structure on team processes and performance: Implications for complex team decision making. *Human Factors*, *38*, 300-310.
- Valot, C. (1998). *Métacognition et connaissances métacognitives : Intérêt pour l'ergonomie.* (Thèse de doctorat), Université Toulouse 2.
- Van de Walle, B., Brugghemans, B., & Comes, T. (2016). Improving situation awareness in crisis response teams: An experimental analysis of enriched information and centralized coordination. *International Journal of Human-Computer Studies*, 95, 66-79. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2016.05.001
- Van Dijk, T. A., & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discours comprehension*. New York, US: Academic Press.
- Van Westrenen, F., & Praetorius, G. (2014). Situation awareness and maritime traffic: having awareness or being in control? *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 15(2), 161-180. doi: 10.1080/1463922X.2012.698661
- Van Winsen, R., & Dekker, S. W. A. (2015). SA Anno 1995: A Commitment to the 17th Century. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 9, 51-54. doi: 10.1177/1555343414557035
- Vermersch, P. (1978). UNE PROBLÉMATIQUE THÉORIQUE EN PSYCHOLOGIE DU TRAVAIL: Essais d'application des théories de J. Piaget à l'analyse du fonctionnement cognitif de l'adulte. *Le Travail Humain*, 41, 265-278.
- Vidulich, M. A. (1995). *The role of scope as a feature of situation awareness metrics*. Paper presented at the International Conference on Experimental Analysis and Measurement of Situation Awareness.
- Vincow, M. A., & Wickens, C. D. (1993). Spatial layout of displayed information: Three steps toward developing quantitative models. Paper presented at the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting.
- Walker, G. H., Gibson, H., Stanton, N. A., Baber, C., Salmon, P., & Green, D. (2006). Event analysis of systemic teamwork (EAST): a novel integration of ergonomics methods to analyse C4i activity. *Ergonomics*, 49, 1345-1369. doi: 10.1080/00140130600612846
- Walker, G. H., Stanton, N. A., Stewart, R., Jenkins, D., Wells, L., Salmon, P., & Baber, C. (2009). Using and intergrated methods approach to analyse the emergent propreties of military command and control. *Applied Ergonomics*, 40(4), 636-647.
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Wellens, A. R. (1993). Group situation awareness and distributed decision making: from military to civilian applications. *Individual and Group Decision Mlaing: Current Issues*, 267-291.
- Wellens, A. R., & Ergener, D. (1988). The C.I.T.I.E.S. Game: A Computer-Based Situation Assessment Task for Studying Distributed Decision Making. *Simulation & Games*, 19, 304-327. doi: 10.1177/0037550088193004
- Wellman, B. (1988). *Structural analysis: From method and metaphor to theory and substance*. Paper presented at the Structural analysis in the social sciences Conference.

- Whitaker, L. A., & Klein, G. A. (1988). *Situation awareness and the virtual world: situation assessment report.* Paper presented at the Psychology in the Department of Defense Eleventh Symposium.
- Wickens, C. D. (1992). *Engineering psychology and human performance (2nd ed.)*. New York, NY, US: HarperCollins Publishers.
- Wohl, J. G. (1981). Force Management Decision Requirements for Air Force Tactical Command and Control. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 11*, 618-639. doi: 10.1109/TSMC.1981.4308760
- Xiao, Y., Seagull, F. J., Mackenzie, C., Ziegert, J., & Klein, K. J. (2003). Team Communication Patterns as Measures of Team Processes: Exploring the Effects of Task Urgency and Shared Team Experience. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 47, 1502-1506. doi: 10.1177/154193120304701228
- Zaccaro, S. J. (2001). The nature of executive leadership: A conceptual and empirical analysis of success. Washington: American Psychological Association.
- Zajac, S., Gregory, M. E., Bedwell, W. L., Kramer, W. S., & Salas, E. (2014). The cognitive underpinnings of adaptive team performance in ill-defined task situations: A closer look at team cognition. *Organizational Psychology Review*, *4*, 49-73. doi: 10.1177/2041386613492787

ANNEXES

Annexe 1. Profil des opérateurs, en termes d'expérience générale et d'expérience au poste (Carde méthodologique)

Tableau 27. — **Profil de spécialité et d'expérience des MDC pour chaque équipe.** Le nom des SNA a été anonymisé, la lettre correspondant à un SNA et le chiffre à l'équipage.

MDC	SNA	Spécialité	Postes précédents	Nbe Cycles SNA	Nbe cycles MDC	Oculométrie
MDC 1	A1	Electricien	Rondier avant et arrière	12	2	Oui
MDC 2	A1	Mécanicien	TSP/AUX2/CTA	8	3	Non
MDC 3	B1	Méca d'armes	Barreur/opérateur sonar/opérateur élaboration	14	1	Oui
MDC 4	B1	Mécanicien	TSP/AUX2/CTA	11	1	Oui
MDC 5	B1	Mécanicien	TSP/AUX2/CTA	10	3	Oui
MDC 6	C1	Méca d'armes	Barreur/titcat/table traçante	13	0	Non
MDC 7	C1	Electricien	СМЕ	4	1	Non
MDC 8	C1	Mécanicien	TSP/CTA	11	1	Non
MDC 9	D1	Méca d'armes	Barreur/opérateur élaboration	8	1	Oui
MDC 10	D1	Méca d'armes	Barreur/Table traçante	8	2	Oui
MDC 11	C1	Electricien	СМЕ	4	2	Oui
MDC 12	C1	Méca d'armes	Barreur/TSP/maître de service/table	13	1	Oui
MDC 13	C1	Mécanicien	TSP/AUX2/CTA	12	2	Oui
MDC 14	B2	Electricien	KE	6	0	Non
MDC 15	B2	Mécanicien	KM SNA, mécanicien de permanence	6	1	Non
MDC 16	E1	Méca d'armes	Barreur, x20, élaboration, plot	nr	1	Non
MDC 17	E1	Mécanicien	TSP/AUX2/CTA	12	0	Oui

Tableau 28. — Nombre de cycles effectués par les opérateurs de l'équipe SP-OCQ à leur poste actuel pour chaque équipe. Le symbole / représente l'absence de donnée.

	MDC	TSP	BAR	ocq
EQ1	2	1	3	4
EQ2	3	1	0	1
EQ3	1	1	1	1
EQ4	1	1	1	1
EQ5	3	1	8	/
EQ6	0	2	0	1
EQ7	1	0	1	/
EQ8	1	/	0	0
EQ9	1	0	5	5
EQ10	2	0	0	1
EQ11	2	0	1	0
EQ12	1	0	0	0
EQ13	2	0	1	/
EQ14	0	1	1	0
EQ17	0	/	/	/

Annexe 2. Nombre d'énoncés par tâche (Etude 1)

Tableau 29. — Nombre d'énoncés codés pour chaque tâche en fonction de l'équipe

	GESTION PESEE ET IP	MAJ ELEMENTS	OBJECTIFS DU COMMANDEMENT	CHARGE EN AIR	GESTION DES FONDS	AVARIE DE BYPASS	FUITE D'AIR	TEMPERATURE D'HUILE	
EQ1	376	80	72	83	31	64	204	0	910
EQ2	198	24	52	68	3	101	45	66	557
EQ3	166	7	84	24	7	17	101	84	490
EQ4	69	24	75	51	2	31	62	0	314
EQ5	408	25	142	42	28	0	0	41	686
EQ6	369	32	55	20	43	0	0	40	559
EQ7	240	73	47	196	39	0	0	43	638
EQ8	264	31	94	85	56	50	0	32	612
EQ9	184	116	112	135	10	0	0	25	582
EQ10	141	92	46	51	8	55	0	18	411
EQ11	303	29	160	40	7	0	24	38	601
EQ12	162	39	108	62	9	0	295	9	684
EQ13	221	41	82	76	3	62	196	12	693
EQ14	488	25	331		20	0	0	63	927
EQ17	293	44	135	24	18	0	141	28	683
	3882	682	1595	957	284	380	1068	499	9347

Tableau 30. — Nombre d'énoncés par type de tâche et par équipe

	EQ1	EQ2	EQ3	EQ4	EQ5	EQ6	EQ7	EQ8	EQ9	EQ10	EQ11	EQ12	EQ13	EQ14	EQ17
Conduite	642	345	288	221	645	519	595	530	557	338	539	380	423	864	514
Résolution de problème	268	212	202	93	41	40	43	82	25	73	62	304	270	63	169

Annexe 3. Constitution d'un indice de performance (Etude 1)

Tableau 31. — Nombre d'énoncés par type de tâche en fonction de l'identification de l'avarie de bypass

	Conduite	Résolution de problème (fuite d'air et température huile)	Total
Identification de l'avarie de bypass +	2787	1200	3987
Identification de l'avarie de bypass -	4613	747	5360
Total	7400	1947	9347

Tableau 32. — Immersion maximale atteinte par les équipes en Z2 et identification du problème de bypass. Les immersions en rouge correspondent à la perte de l'IP et les immersions en vert à la tenue de l'IP.

	EQ1	EQ2	EQ3	EQ4	EQ5	EQ6	EQ7	EQ8	EQ9	EQ10	EQ11	EQ12	EQ13	EQ14	EQ17
Immersion maximale atteinte en Z2	20	20	19	16	23	25	17	18	18	19	20	16	21	20	16
Identification du problème de bypass	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Oui	Non	Oui	Non	Non	Oui	Non	Non

Tableau 33. — Nombre d'énoncés par tâche en fonction de la tenue de l'IP

	Gestion pesée et maintien de l'IP	MàJ eléments	Objectifs du commandement	Charge en air	Gestion des fonds	Avarie de bypass	Fuite d'air	Température d'huile	Total
Tenue de l'IP +	1519	426	701	628	149	153	599	239	4414
Tenue de l'IP -	2363	256	894	329	135	227	469	260	4933

Tableau 34. — Traitement des tâches de résolution de problème par les équipes en Z2

	EQ1	EQ2	EQ3	EQ4	EQ5	EQ6	EQ7	EQ8	EQ9	EQ10	EQ11	EQ12	EQ13	EQ14	EQ17
Avarie de Bypass	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Oui	Non	Oui	Non	Non	Oui	Non	Non
Fuite air	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Oui
Avarie de Température d'huile	Non	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Tableau 35. — Numéro des équipes en fonction des groupes d'expérience auxquels elles appartiennent

Expérience des opérateurs	Numéro de l'équipe
EXP MDC +	EQ1 EQ2 EQ5 EQ10 EQ11 EQ13
EXP MDC -	EQ3 EQ4 EQ6 EQ7 EQ8 EQ9 EQ12 EQ14 EQ17
EXP TSP +	EQ1 EQ2 EQ3 EQ4 EQ5 EQ6 EQ14
EXP TSP -	EQ7 EQ9 EQ10 EQ11 EQ12 EQ13
EXP BAR +	EQ1 EQ3 EQ4 EQ5 EQ7 EQ9 EQ11 EQ13 EQ14
EXP BAR -	EQ2 EQ6 EQ8 EQ10 EQ12
EXP OCQ +	EQ1 EQ2 EQ3 EQ4 EQ6 EQ9 EQ10
EXP OCQ -	EQ8 EQ11 EQ12 EQ14

Tableau 36. — Numéro des équipes en fonction des groupes d'expérience auxquels elles appartiennent

Expérience des opérateurs	Numéro de l'équipe
Tenue de l'IP +	EQ3 EQ4 EQ7 EQ8 EQ9 EQ10 EQ12 EQ17
Tenue de l'IP -	EQ1 EQ2 EQ5 EQ6 EQ11 EQ13 EQ14
Identification Bypass +	EQ1 EQ2 EQ3 EQ4 EQ8 EQ10 EQ13
Identification Bypass -	EQ5 EQ6 EQ7 EQ9 EQ11 EQ12 EQ14 EQ17

Annexe 4. Chronogrammes d'activité (Etude 1)

Pour rappel, les chronogrammes sont construits sur la base des tâches identifiées dans les communications verbales pendant la Z2. La taille des chronogrammes est proportionnelle au temps passé par l'équipe en Z2.

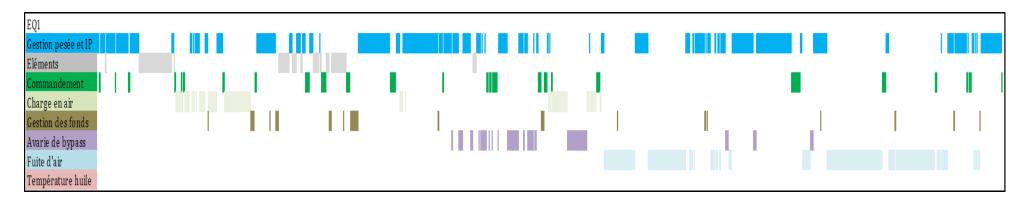


Figure 69. — Chronogramme d'activité de l'équipe 1

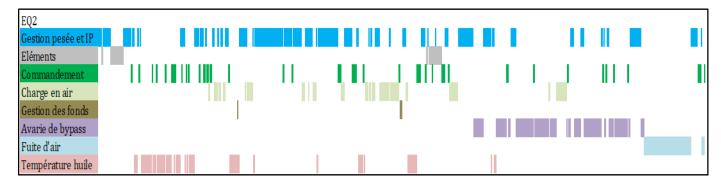


Figure 70 — Chronogramme d'activité de l'équipe 2

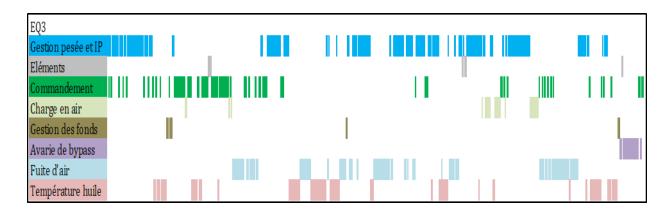


Figure 71 — Chronogramme d'activité de l'équipe 3

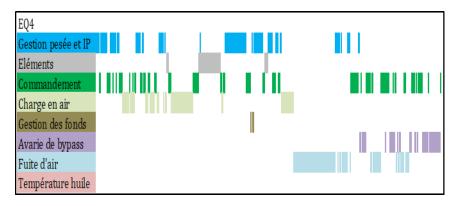


Figure 72 — Chronogramme d'activité de l'équipe 4

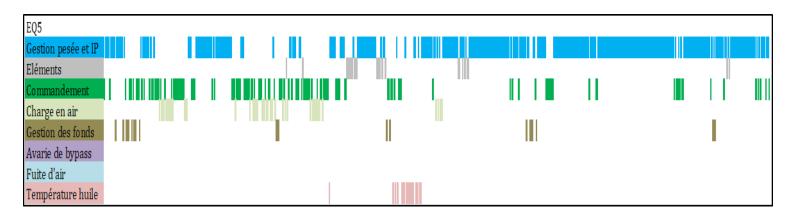


Figure 73 — Chronogramme d'activité de l'équipe 5

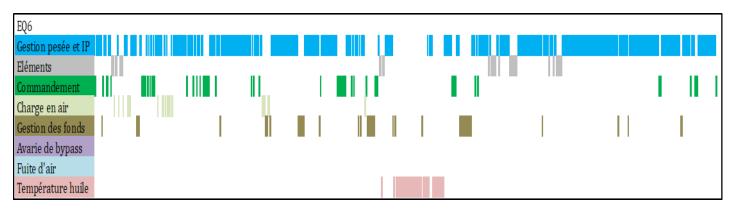


Figure 74 — Chronogramme d'activité de l'équipe 6

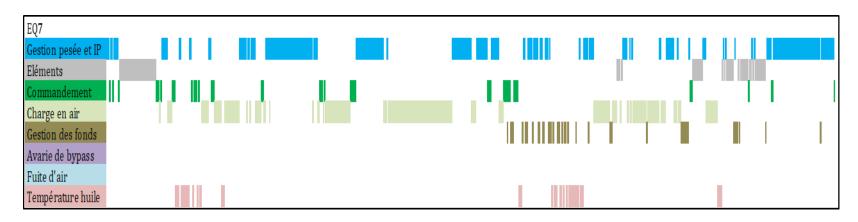


Figure 75 — Chronogramme d'activité de l'équipe 7

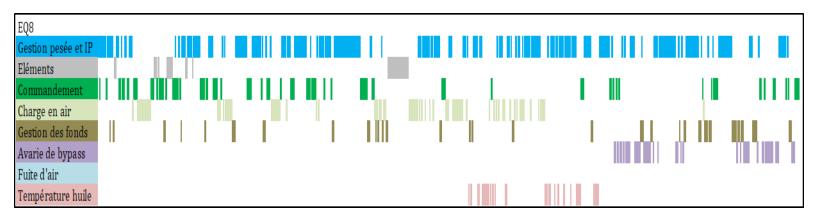


Figure 76 — Chronogramme d'activité de l'équipe 8

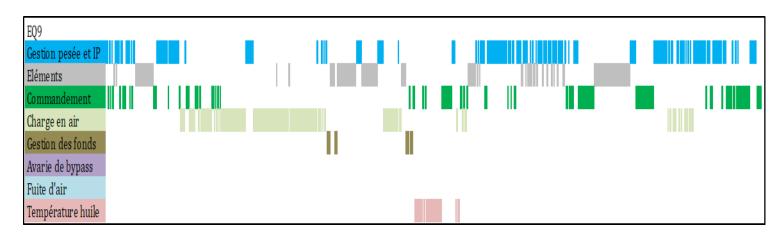


Figure 77 — Chronogramme d'activité de l'équipe 9

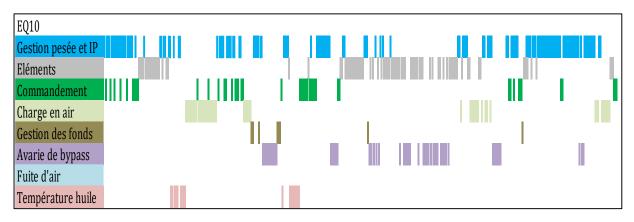


Figure 78 — Chronogramme d'activité de l'équipe 10

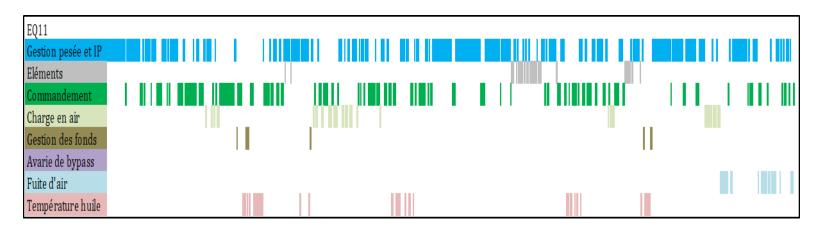


Figure 79 — Chronogramme d'activité de l'équipe 11

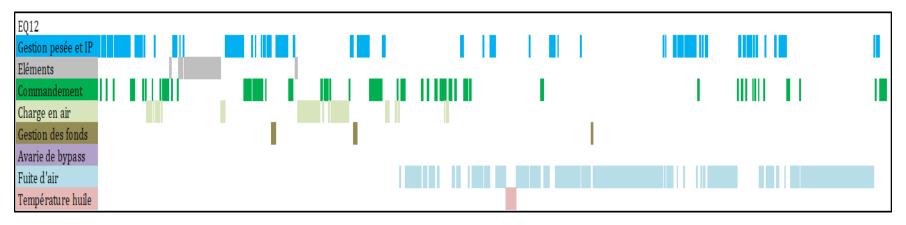


Figure 80 — Chronogramme d'activité de l'équipe 12

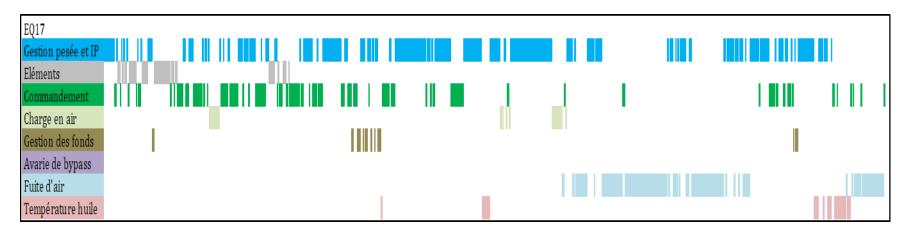


Figure 81 — Chronogramme d'activité de l'équipe 17

Annexe 5. Centralisation des réseaux et centralité des opérateurs (Etude 2)

Tableau 37. — Centralité des membres de l'équipe SP-OCQ et du commandement pour chaque équipe, objectivée par le DEGRE DE CENTRALITE. Le DEGRE DE CENTRALITE a été rapporté au temps passé par chaque équipe en Z2, avec pour référence le temps le plus court passé par une équipe en Z2.

	MDC	TSP	BAR	OCQ	CDT
EQ1	42	24	12	16	5
EQ2	30	16	5	11	4
EQ3	36	21	7	20	9
EQ4	29	16	4	23	10
EQ5	34	14	10	23	9
EQ6	39	21	14	23	8
EQ7	34	22	4	17	2
EQ8	36	24	9	22	4
EQ9	33	15	6	28	11
EQ10	30	13	8	22	7
EQ11	45	19	14	31	11
EQ12	23	16	4	19	11
EQ13	45	34	7	21	4
EQ14	43	29	11	19	6
EQ17	35	24	7	22	5

Tableau 38. — Centralisation du réseau de l'équipe Central-SP pour chaque équipe, objectivée par la variance intra-équipe du DEGRE DE CENTRALITE.

Variance du DEGRE DE CENTRALITE
des membres de l'équipe Central-SP
184
93
144
108
126
144
134
143
143
103
232
67
264
210
146

Annexe 6. Nombre d'énoncés échangés entre le MDC et les membres de l'équipe Central-SP (Etude 2)

Tableau 39. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC à chacun de ses coéquipiers.

	TSP	BAR	OCQ	CDT	AUX	SOND	PCP	ORSP	Total
MDC 1	121	98	133	44	0	5	0	0	402
MDC 2	80	29	71	23	32	2	14	2	254
MDC 3	47	27	60	20	1	1	0	0	159
MDC 4	32	11	45	3	0	0	11	0	104
MDC 5	44	67	106	3	3	11	4	12	253
MDC 6	37	60	79	9	0	5	1	0	192
MDC 7	109	23	75	2	16	9	0	3	237
MDC 8	68	35	66	3	2	1	0	0	175
MDC 9	51	34	90	11	1	2	0	0	189
MDC 10	25	31	64	4	0	1	0	0	125
MDC 11	53	40	89	0	1	0	0	13	196
MDC 12	51	31	79	6	1	6	5	33	216
MDC 13	122	20	68	1	3	0	0	0	214
MDC 14	131	51	86	10	0	3	0	0	281
MDC 17	76	38	91	3	9	3	0	0	220

Tableau 40. — Nombre d'énoncés reçus par le MDC de chacun de ses coéquipiers.

	TSP	BAR	OCQ	CDT	AUX	SOND	РСР	ORSP	Total
MDC 1	97	81	77	28	0	1	0	0	285
MDC 2	58	41	67	9	4	0	0	13	193
MDC 3	65	42	64	7	0	2	0	0	183
MDC 4	26	16	52	2	0	0	0	1	99
MDC 5	45	60	82	6	0	10	0	7	213
MDC 6	38	64	55	8	0	4	0	0	170
MDC 7	65	33	107	0	8	9	0	2	224
MDC 8	81	60	80	1	1	2	0	0	225
MDC 9	45	36	103	9	0	1	0	0	194
MDC 10	31	37	75	5	1	1	0	0	150
MDC 11	52	82	66	0	0	0	0	19	219
MDC 12	43	23	45	0	0	4	0	27	146
MDC 13	119	56	107	0	0	2	0	0	284
MDC 14	154	115	105	9	1	1	0	0	385
MDC 17	54	47	110	1	2	2	0	0	216

Tableau 41. — Nombre d'énoncés échangés entre le MDC et chacun de ses coéquipiers.

	TSP	BAR	OCQ	CDT	AUX	SOND	PCP	ORSP	Total
MDC 1	218	179	210	72	0	6	0	0	687
MDC 2	138	70	138	32	36	2	14	15	447
MDC 3	112	69	124	27	1	3	0	0	342
MDC 4	58	27	97	5	0	0	11	1	203
MDC 5	89	127	188	9	3	21	4	19	466
MDC 6	75	124	134	17	0	9	1	0	362
MDC 7	174	56	182	2	24	18	0	5	461
MDC 8	149	95	146	4	3	3	0	0	400
MDC 9	96	70	193	20	1	3	0	0	383
MDC 10	56	68	139	9	1	2	0	0	275
MDC 11	105	122	155	0	1	0	0	32	415
MDC 12	94	54	124	6	1	10	5	60	362
MDC 13	241	76	175	1	3	2	0	0	498
MDC 14	285	166	191	19	1	4	0	0	666
MDC 17	130	85	201	4	11	5	0	0	436

Annexe 7. Nombre d'énoncés émis et reçus par le MDC et par les autres membres de l'équipe Central-SP en fonction de l'expérience des opérateurs (Etude 2)

Tableau 42. — Nombre d'énoncés <u>transmis</u> par le MDC et par les autres opérateurs en fonction de l'expérience des membres de l'équipe SP-OCQ

	Enoncés transmis par le MDC	Enoncés transmis par les autres membres de l'équipe Central-SP	Total
EXP MDC +	1444 (38%)	2403 (62%)	3847
EXP MDC -	1773 (32%)	3693 (68%)	5466
EXP TSP +	1645 (37%)	2780 (63%)	4425
EXP TSP -	1177 (33%)	2421 (67%)	3598
EXP BAR +	2035 (35%)	3780 (65%)	5815
EXP BAR -	962 (34%)	1858 (66%)	2820
EXP OCQ +	1425 (37%)	2387 (63%)	3812
EXP OCQ -	868 (31%)	1946 (69%)	2814

Tableau 43. — Nombre et proportion d'énoncés reçus par le MDC et par les autres opérateurs de l'équipe Central-SP en fonction de l'expérience des membres de l'équipe SP-OCQ

	Enoncés reçus par le MDC	Enoncés reçus par les autres membres de l'équipe Central-SP MDC	total
EXP MDC +	1 344 (35%)	2 514 (65%)	3 858
EXP MDC -	1 759 (32%)	3 730 (68%)	5 489
EXP TSP +	1 528 (34%)	2 916 (66%)	4 444
EXP TSP -	1 217 (34%)	2 391 (66%)	3 608
EXP BAR +	2 086 (36%)	3 755 (64%)	5 841
EXP BAR -	801 (28%)	2 022 (72%)	2 823
EXP OCQ +	1 274 (33%)	2 550 (67%)	3 824
EXP OCQ -	892 (32%)	1 932 (68%)	2 824

Annexe 8. Nombre d'énoncés échangés au sein des triades du commandement et de l'équipe SP, ainsi que dans l'équipe Central-SP (Etude 2)

Tableau 44. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC au commandement, aux membres de l'équipe SP et à toute l'équipe Central-SP

	EQ1	EQ2	EQ3	EQ4	EQ5	EQ6	EQ7	EQ8	EQ9	EQ10	EQ11	EQ12	EQ13	EQ14	EQ17	Total
MDC → CDT	177	96	80	48	121	88	80	69	101	68	102	118	69	96	94	1407
MDC →SEC	219	109	74	43	111	97	132	103	85	56	93	82	142	182	114	1642
MDC → Central-SP	402	254	159	104	253	192	237	175	189	125	196	216	214	281	220	3217

Tableau 45. — Nombre d'énoncés reçus par le MDC du commandement, des membres de l'équipe SP et de toute l'équipe Central-SP

	EQ1	EQ2	EQ3	EQ4	EQ5	EQ6	EQ7	EQ8	EQ9	EQ10	EQ11	EQ12	EQ13	EQ14	EQ17	
$CDT \rightarrow MDC$	105	89	71	55	95	63	109	81	112	80	85	72	107	114	111	1349
SEC → MDC	178	99	107	42	105	102	98	141	81	68	134	66	175	269	101	1766
Central-SP→ MDC	285	193	183	99	213	170	224	225	194	150	219	146	284	385	216	3186

Annexe 9. Nombre et proportion d'énoncés transmis et reçus par le MDC et les autres membres de l'équipe Central-SP en fonction de la performance collective (Etude 2)

Tableau 46. — Nombre et proportion d'énoncés transmis par le MDC et par les autres membres de l'équipe Central-SP en fonction de la tenue de l'IP

ı cqu	ipe central of en fone	tion at ia tenat at 1 11	
	Transmissions MDC	Transmissions des autres	total
Tenue de l'IP +	1425 (32%)	2973 (68%)	4398
Tenue de l'IP -	1792 (36%)	3123 (64%)	4915
	3217	6096	9313

Tableau 47. — Nombre et proportion d'énoncés transmis par le MDC et par les autres membres de l'équipe Central-SP en fonction de l'identification du bypass

	Transmissions MDC	Transmissions des autres	total
Identification Bypass +	1433 (36%)	2537 (64%)	3970
Identification Bypass -	1784 (33%)	3559 (67%)	5343
	3217	6096	9313

Tableau 48. — Nombre et proportion d'énoncés reçus par le MDC et par les autres membres de l'équipe Central-SP en fonction de la tenue de l'IP

	Réception MDC	Réception des autres	total
Tenue de l'IP +	1 437	2 977	4 414
Tenue de l'IP -	1 749	3 184	4 933
	3 186	6 161	9 347

Tableau 49. — Nombre et proportion d'énoncés reçus par le MDC et par les autres membres de l'équipe Central-SP en fonction de l'identification du bypass

	Réception MDC	Réception des autres	total
Identification Bypass +	1 419	2 569	3 988
Identification Bypass -	1 767	3 592	5 359
	3 186	6 161	9 347

Annexe 10. Matrices de contingence des réseaux de communication de chaque équipe, normalisés en fonction du temps passé en Z2 (Etude 2)

Tableau 50. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 1.

Les lignes correspondent au locuteur et les colonnes au récepteur Les nombres d'occurrence ont été rapportés au temps passé par l'équipe en Z2, en fonction du temps le plus court passé par une équipe.

	MDC	TSP	BAR	OCQ	CDT	AUX	SOND	PCP	ORSP	Total
MDC	0	52	42	57	19	0	2	0	0	173
TSP	42	0	3	0	0	20	0	16	0	81
BAR	35	1	0	0	0	0	0	4	0	41
OCQ	33	0	2	0	3	0	2	0	0	40
CDT	12	0	0	4	0	0	0	0	0	16
AUX	0	16	0	0	0	0	0	0	0	16
SOND	0	0	0	7	0	0	0	0	0	8
PCP	0	15	0	0	0	0	0	0	0	15
ORSP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	123	85	47	70	22	20	4	20	0	391

Tableau 51. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 2.

Les lignes correspondent au locuteur et les colonnes au récepteur Les nombres d'occurrence ont été rapportés au temps passé par l'équipe en Z2, en fonction du temps le plus court passé par une équipe.

	MDC	TSP	BAR	OCQ	CDT	AUX	SOND	PCP	ORSP	Total
MDC	0	39	14	34	11	16	1	7	1	123
TSP	28	0	1	1	0	12	0	6	0	48
BAR	20	0	0	0	0	0	0	0	0	21
OCQ	33	0	0	0	7	0	0	0	0	40
CDT	4	0	0	3	0	0	0	0	0	7
AUX	2	15	0	0	0	0	0	0	0	16
SOND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PCP	0	7	0	0	0	0	0	0	0	7
ORSP	6	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Total	94	61	15	40	18	27	1	13	1	270

Tableau 52. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 3.

Les lignes correspondent au locuteur et les colonnes au récepteur Les nombres d'occurrence ont été rapportés au temps passé par l'équipe en Z2, en fonction du temps le plus court passé par une équipe.

	MDC	TSP	BAR	OCQ	CDT	AUX	SOND	PCP	ORSP	Total
MDC	2	35	20	45	15	1	1	0	0	118
TSP	48	0	0	1	0	14	0	19	0	83
BAR	31	0	0	0	0	0	0	0	0	31
OCQ	48	1	0	0	28	0	1	0	0	77
CDT	5	0	0	16	0	0	0	0	0	21
AUX	0	14	0	0	0	0	0	0	0	14
SOND	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3
PCP	0	16	0	0	0	0	0	0	0	16
ORSP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	136	66	20	63	42	15	1	19	0	363

Tableau 53. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 4.

Les lignes correspondent au locuteur et les colonnes au récepteur Les nombres d'occurrence ont été rapportés au temps passé par l'équipe en Z2, en fonction du temps le plus court passé par une équipe.

	MDC	TSP	BAR	OCQ	CDT	AUX	SOND	PCP	ORSP	Total
MDC	2	32	11	45	3			11		104
TSP	26			4	6	15		5		56
BAR	16			2						18
OCQ	52	1			36		1			90
CDT	2	5		16						23
AUX		12								12
SOND				2						2
PCP		4								4
ORSP	1	1								2
Total	99	55	11	69	45	15	1	16	0	311

Tableau 54. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 5.

Les lignes correspondent au locuteur et les colonnes au récepteur Les nombres d'occurrence ont été rapportés au temps passé par l'équipe en Z2, en fonction du temps le plus court passé par une équipe.

	MDC	TSP	BAR	OCQ	CDT	AUX	SOND	PCP	OSR	Total
MDC	2	24	36	57	2	2	6	2	6	136
TSP	24	1	1	0	1	17	0	10	2	56
BAR	32	0	1	1	0	0	0	0	0	33
OCQ	44	0	0	0	34	0	0	3	2	83
CDT	3	0	0	22	0	0	0	0	0	25
AUX	0	9	0	0	0	0	0	0	0	9
SOND	5	0	0	1	0	0	0	0	0	6
PCP	0	9	0	1	0	0	0	0	0	10
OSR	4	3	0	3	0	0	0	0	0	10
Total	115	45	38	84	36	19	6	16	11	369

Tableau 55. — Matrice de contingence de l'Equipe 8.

Les lignes correspondent au locuteur et les colonnes au récepteur Les nombres d'occurrence ont été rapportés au temps passé par l'équipe en Z2, en fonction du temps le plus court passé par une équipe.

	MDC	TSP	BAR	OCQ	CDT	AUX	SOND	PCP	ORSP	Total
MDC	0	43	22	42	2	1	1	0	0	110
TSP	51	0	0	0	0	21	0	16	0	89
BAR	38	0	0	0	0	0	0	0	0	38
OCQ	50	0	1	0	20	0	18	0	0	89
CDT	1	0	0	4	0	0	0	0	0	5
AUX	1	22	0	1	0	0	0	0	0	23
SOND	1	0	0	16	0	0	0	0	0	17
PCP	0	14	0	0	0	0	0	0	0	14
ORSP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	142	79	23	62	21	23	18	16	0	386

Tableau 56. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 9.

Les lignes correspondent au locuteur et les colonnes au récepteur Les nombres d'occurrence ont été rapportés au temps passé par l'équipe en Z2, en fonction du temps le plus court passé par une équipe.

	MDC	TSP	BAR	OCQ	CDT	AUX	SOND	PCP	ORSP	Total
MDC	0	31	21	55	7	1	1	0	0	115
TSP	27	0	0	0	0	15	0	9	0	52
BAR	22	0	0	0	0	0	0	0	0	22
OCQ	63	0	0	0	45	0	4	0	0	112
CDT	5	0	0	20	0	0	0	0	0	25
AUX	0	16	0	0	0	0	0	0	0	16
SOND	1	0	0	7	0	0	0	0	0	8
PCP	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5
ORSP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	118	52	21	82	52	16	5	9	0	355

Tableau 57. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 10.

Les lignes correspondent au locuteur et les colonnes au récepteur Les nombres d'occurrence ont été rapportés au temps passé par l'équipe en Z2, en fonction du temps le plus court passé par une équipe.

	MDC	TSP	BAR	OCQ	CDT	AUX	SOND	PCP	ORSP	Total
MDC	0	19	23	48	3	0	1	0	0	94
TSP	23	0	2	0	0	26	0	3	0	54
BAR	28	1	0	0	0	0	0	2	0	30
OCQ	57	0	0	1	24	0	0	0	0	81
CDT	4	0	0	17	0	0	0	0	0	20
AUX	1	17	0	1	0	0	0	0	0	18
SOND	1	0	0	7	0	0	0	0	0	8
PCP	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4
ORSP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	113	40	25	73	27	26	1	5	0	310

Tableau 58. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 11.

Les lignes correspondent au locuteur et les colonnes au récepteur Les nombres d'occurrence ont été rapportés au temps passé par l'équipe en Z2, en fonction du temps le plus court passé par une équipe.

	MDC	TSP	BAR	OCQ	CDT	AUX	SOND	PCP	ORSP	Total
MDC	0	43	33	73	0	1	0	0	11	160
TSP	42	1	0	1	0	15	0	13	4	76
BAR	67	0	0	0	0	0	0	0	1	68
OCQ	54	0	0	3	40	0	3	0	3	103
CDT	0	0	0	34	0	0	0	0	0	34
AUX	0	9	0	0	0	0	0	0	0	9
SOND	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5
PCP	0	9	0	0	0	0	0	0	0	9
ORSP	15	4	1	6	0	0	0	0	0	26
Total	178	66	33	121	40	15	3	13	19	490

Tableau 59. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 12.

Les lignes correspondent au locuteur et les colonnes au récepteur Les nombres d'occurrence ont été rapportés au temps passé par l'équipe en Z2, en fonction du temps le plus court passé par une équipe.

	MDC	TSP	BAR	OCQ	CDT	AUX	SOND	PCP	ORSP	Total
MDC	2	27	16	42	3	1	3	3	18	115
TSP	23	0	0	0	0	14	0	19	1	56
BAR	12	0	0	0	0	0	0	0	2	14
OCQ	24	0	0	0	37	0	0	0	4	64
CDT	0	0	0	34	0	0	0	0	8	42
AUX	0	14	0	0	0	0	0	0	0	14
SOND	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
PCP	0	18	0	0	0	0	0	0	0	18
ORSP	14	3	2	5	11	0	0	0	0	36
Total	77	62	19	81	51	15	3	21	32	361

Tableau 60. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 13.

Les lignes correspondent au locuteur et les colonnes au récepteur Les nombres d'occurrence ont été rapportés au temps passé par l'équipe en Z2, en fonction du temps le plus court passé par une équipe.

	MDC	TSP	BAR	OCQ	CDT	AUX	SOND	PCP	ORSP	Total
MDC	0	77	13	43	1	2	0	0	0	135
TSP	75	0	0	4	0	26	0	20	0	124
BAR	35	0	0	0	0	0	0	0	0	35
OCQ	68	0	0	1	18	0	6	0	0	92
CDT	0	0	0	7	0	0	0	0	0	7
AUX	0	18	0	0	0	0	0	0	0	18
SOND	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
PCP	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21
ORSP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	179	116	13	54	18	28	6	20	0	434

Tableau 61. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 14.

Les lignes correspondent au locuteur et les colonnes au récepteur Les nombres d'occurrence ont été rapportés au temps passé par l'équipe en Z2, en fonction du temps le plus court passé par une équipe.

	MDC	TSP	BAR	OCQ	CDT	AUX	SOND	PCP	ORSP	Total
MDC	0	60	23	39	5	0	1	0	0	128
TSP	70	0	0	0	0	25	0	14	0	109
BAR	52	0	0	0	0	0	0	0	0	52
OCQ	48	0	0	0	22	0	5	0	0	75
CDT	4	0	0	11	0	0	0	0	0	15
AUX	0	22	0	0	0	0	0	0	0	22
SOND	0	0	0	6	0	0	0	0	0	6
PCP	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10
ORSP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	175	92	23	57	27	25	6	14	0	418

Tableau 62. — Matrice de contingence du réseau de communication de l'Equipe 17. Les lignes correspondent au locuteur et les colonnes au récepteur Les nombres d'occurrence ont été rapportés au temps passé par l'équipe en Z2, en fonction du temps le plus court passé par une équipe.

	MDC	TSP	BAR	OCQ	CDT	AUX	SOND	PCP	ORSP	Total
MDC	0	43	22	52	2	5	2	0	0	125
TSP	31	0	0	1	0	32	0	15	0	78
BAR	27	0	0	0	0	0	0	0	0	27
OCQ	63	0	0	0	11	0	9	0	0	82
CDT	1	0	0	19	0	0	0	0	0	19
AUX	1	32	0	0	0	0	0	0	0	34
SOND	1	0	0	3	0	0	0	0	0	5
PCP	0	16	0	0	0	0	0	0	0	16
ORSP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	123	92	22	74	13	37	10	15	0	385

Annexe 11. (Etude 3)

Tableau 63. — Nombre d'énoncés produits par toutes les équipes pour chaque catégorie de la classe MODALITE DE TRANSACTION

	T	D	R	RD	С	Total
TOUS	1047	249	1522	239	522	3579

Tableau 64. — Nombre d'énoncés produits par toutes les équipes pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES

	INF	INF-ACT	IDENT	INT	CG	EVAL	TACHE	BUT	PLAN	ACT	EX-ACT	Total
TOUS	782	30	773	379	16	242	107	149	455	548	325	3806

Tableau 65. — Nombre d'énoncés produits par toutes les équipes pour chaque niveau de GESTION DES INFORMATIONS

	Tous
Gestion d'informations non interprétées de la situation	1685
Gestion d'informations interprétées	1377
Gestion d'informations faisant référence au but commun	728
Total	3790

Tableau 66. — Nombre d'énoncés produits par toutes les équipes pour chaque catégorie de la classe OBJET DE COMMUNICATION

TOUS	IM	VIT	POI	DM	BY	ME	Total
Total	1090	889	461	1293	37	33	3803

Tableau 67. — Nombre d'énoncés produits par toutes les équipes, par MODALITE DE TRANSACTION et en fonction de l'ACTIVITE COGNITIVE ELEMENTAIRE

	BUT	CG	DA	DI	EV	EX	ID	INT	OA	PA	TA	Total général
Transmettre	43	9	6	216	74	24	143	110	309	186	7	1127
Demander	7		7	36	10	3	134	33	2	32	2	266
Recevoir	48	2	10	441	102	215	319	151	142	100	66	1596
Recevoir une												
demande	21	4	2	17	19	2	77	41	11	65	6	265
Collationner	30	1	5	72	37	81	100	44	84	72	26	552
Total général	149	16	30	782	242	325	773	379	548	455	107	4241

Tableau 68. — Nombre d'énoncés transmis par le Barreur au MDC selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et de l'expérience du Barreur

BAR → MDC	EXP BAR +	EXP BAR -
Gestion d'informations faisant référence au but commun	95	33
Gestion d'informations interprétées	108	37
Gestion d'informations non interprétées de la situation	236	132
Total général	440	202

Tableau 69. — Nombre d'énoncés transmis par le TSP au MDC selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'expérience du TSP

TSP o MDC	EXP TSP +	EXP TSP -
Gestion d'informations faisant référence au but commun	18	27
Gestion d'informations interprétées	96	115
Gestion d'informations non interprétées de la situation	74	122
Total général	191	265

Tableau 70. — Nombre d'énoncés transmis par l'OCQ au MDC selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'expérience de l'OCQ

$OCQ \rightarrow MDC$	EXP OCQ +	EXP OCQ -
Gestion d'informations faisant référence au but commun	42	34
Gestion d'informations interprétées	53	44
Gestion d'informations non interprétées de la situation	52	49
Total général	147	127

Tableau 71. — Nombre d'énoncés transmis par l'OCQ au MDC pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES

OCQ →MDC	INF	INF-ACT	IDENT	INT	cG	EVAL	TACHE	BUT	PLAN	ACT	EX-ACT
EXP OCQ +	5	1	18	13	0	12	17	17	18	44	2
EXP OCQ -	6	0	3	1	0	13	5	18	9	43	0

Tableau 72. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC au Barreur selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'expérience du MDC

OCQ → MDC	EXP MDC +	EXP MDC -
Gestion d'informations faisant référence au but commun	36	61
Gestion d'informations interprétées	111	69
Gestion d'informations non interprétées de la situation	79	104
Total général	226	237

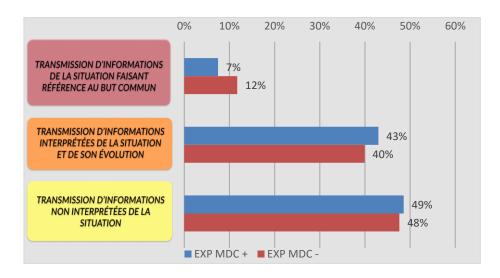


Figure 82. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC au TSP selon le niveau de gestion des informations et en fonction de l'expérience du MDC.

(*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001)

Tableau 73. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC à l'OCQ selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'expérience du MDC

MDC → OCQ	EXP MDC +	EXP MDC -
Gestion d'informations faisant référence au but commun	41	61
Gestion d'informations interprétées	101	91
Gestion d'informations non interprétées de la situation	129	105
Total général	271	258

Tableau 74. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC à l'OCQ pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES et en fonction de l'expérience du MDC

MDC →OCQ	INF	INF-ACT	IDENT	INT	CG	EVAL	TACHE	BUT	PLAN	ACT	EX-ACT
EXP MDC +	12	1	27	7	0	18	10	21	14	55	1
EXP MDC -	4	1	29	32	0	22	30	30	25	64	2

Tableau 75. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC au Barreur selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'expérience du Barreur

$MDC \rightarrow BAR$	EXP BAR +	EXP BAR -
Gestion d'informations faisant référence au but commun	67	30
Gestion d'informations interprétées	140	40
Gestion d'informations non interprétées de la situation	93	90
Total général	302	161

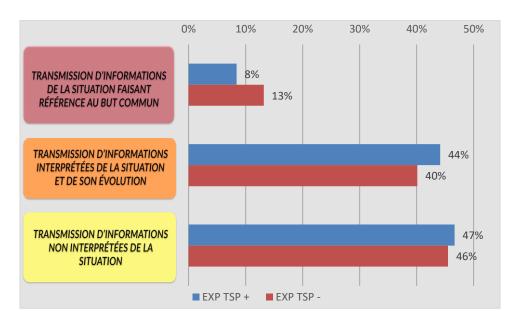


Figure 83. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC au TSP selon le niveau de gestion des informations et en fonction de l'expérience du TSP.

(*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001)

Tableau 76. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC au Barreur selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'expérience du Barreur

MDC → TSP	EXP TSP +	EXP TSP -
Gestion d'informations faisant référence au but commun	20	22
Gestion d'informations interprétées	105	67
Gestion d'informations non interprétées de la situation	111	76
Total général	238	167

Tableau 77. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC à l'OCQ selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'expérience du l'OCQ

MDC → OCQ	EXP OCQ +	EXP OCQ -
Gestion d'informations faisant référence au but commun	20	22
Gestion d'informations interprétées	105	67
Gestion d'informations non interprétées de la situation	111	76
Total général	238	167

Tableau 78. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC à l'OCQ pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES et en fonction de l'expérience de l'OCQ

MDC → OCQ	INF	INF-ACT	IDENT	INT	CG	EVAL	TACHE	BUT	PLAN	ACT	EX-ACT
EXP OCQ +	77	2	37	21	1	15	6	11	46	16	2
EXP OCQ -	73	1	16	13	0	13	1	9	9	6	2

Tableau 79. — Nombre d'énoncés transmis par l'OCQ au MDC selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'expérience du MDC

$OCQ \rightarrow MDC$	EXP MDC +	EXP MDC -
Gestion d'informations faisant référence au but commun	35	84
Gestion d'informations interprétées	62	84
Gestion d'informations non interprétées de la situation	69	72
Total général	166	240

Tableau 80. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC au Barreur pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES et en fonction de l'expérience du MDC

$OCQ \rightarrow MDC$	INF	INF-ACT	IDENT	INT	CG	EVAL	TACHE	BUT	PLAN	ACT	EX-ACT
EXP MDC +	12	1	27	7	0	18	10	21	14	55	1
EXP MDC -	4	1	29	32	0	22	30	30	25	65	2

Tableau 81. — Nombre d'énoncés transmis par Barreur au MDC selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de la tenue de l'IP

BAR → MDC	Tenue IP +	Tenue IP -
Gestion d'informations faisant référence au but commun	69	79
Gestion d'informations interprétées	52	105
Gestion d'informations non interprétées de la situation	121	254
Total général	242	439

Tableau 82. — Nombre d'énoncés transmis par le Barreur au MDC pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES et en fonction de la tenue de l'IP

BAR → MDC	INF	INF-ACT	IDENT	INT	CG	EVAL	TACHE	BUT	PLAN	ACT	EX-ACT
Tenue de l'IP +	212	1	79	57	1	21	1	7	19	6	35
Tenue de l'IP -	297	1	114	94	1	52	2	10	33	10	67

Tableau 83. — Nombre d'énoncés transmis par l'OCQ au MDC selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de la tenue de l'IP

$OCQ \rightarrow MDC$	Tenue IP +	Tenue IP -
Gestion d'informations faisant référence au but commun	65	54
Gestion d'informations interprétées	57	89
Gestion d'informations non interprétées de la situation	58	83
Total général	180	226

Tableau 84. — Nombre d'énoncés transmis par l'OCQ au MDC pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES et en fonction de la tenue de l'IP

$OCQ \rightarrow MDC$	INF	INF-ACT	IDENT	INT	CG	EVAL	TACHE	BUT	PLAN	ACT	EX-ACT
Tenue de l'IP +	12	1	37	18	0	24	12	31	21	69	1
Tenue de l'IP -	16	2	56	39	0	40	40	52	39	120	3

Tableau 85. — Nombre d'énoncés transmis par MDC au Barreur selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de la tenue de l'IP

$MDC \rightarrow BAR$	Tenue IP +	Tenue IP -
Gestion d'informations faisant référence au but commun	44	53
Gestion d'informations interprétées	59	121
Gestion d'informations non interprétées de la situation	67	116
Total général	172	291

Tableau 86. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC au Barreur pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES et en fonction de la tenue de l'IP

MDC → BAR	INF	INF-ACT	IDENT	INT	CG	EVAL	TACHE	BUT	PLAN	ACT	EX-ACT
Tenue de l'IP +	17	1	31	23	2	20	1	12	16	47	2
Tenue de l'IP -	35	2	62	36	1	12	5	12	47	75	4

Tableau 87. — Nombre d'énoncés transmis par MDC au TSP selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de la tenue de l'IP

MDC → TSP	Tenue IP +	Tenue IP -
Gestion d'informations faisant référence au but commun	32	16
Gestion d'informations interprétées	74	127
Gestion d'informations non interprétées de la situation	96	138
Total général	204	283

Tableau 88. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC au TSP pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES et en fonction de la tenue de l'IP

MDC → TSP	INF	INF-ACT	IDENT	INT	CG	EVAL	TACHE	BUT	PLAN	ACT	EX-ACT
Tenue de l'IP +	17	2	42	18	2	14	1	0	32	67	10
Tenue de l'IP -	11	3	72	11	2	5	1	1	54	444	10

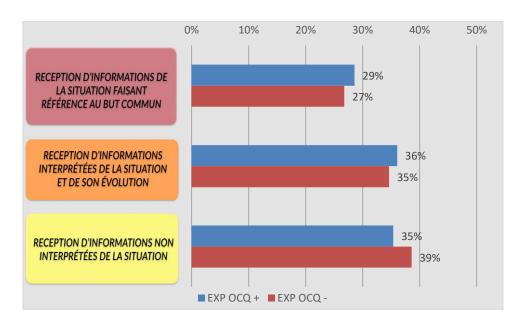


Figure 84. — Proportion d'énoncés transmis par l'OCQ au MDC selon le niveau de gestion des informations et en fonction de l'expérience du MDC. $(*p<0,05\ ;\ **p<0,01\ ;\ ***p<0,001)$

Tableau 89. — Nombre d'énoncés transmis par MDC à l'OCQ selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de la tenue de l'IP

MDC → OCQ	Tenue IP +	Tenue IP -
Gestion d'informations faisant référence au but commun	49	53
Gestion d'informations interprétées	71	121
Gestion d'informations non interprétées de la situation	74	160
Total général	194	335

Tableau 90. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC à l'OCQ pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES et en fonction de la tenue de l'IP

MDC → OCQ	INF	INF-ACT	IDENT	INT	CG	EVAL	TACHE	BUT	PLAN	ACT	EX-ACT
Tenue de l'IP +	66	1	20	25	0	16	8	18	33	4	3
Tenue de l'IP -	127	3	53	22	1	23	8	19	49	25	5

Tableau 91. — Nombre d'énoncés transmis par le Barreur au MDC selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'identification du problème de bypass

	Identification	Identification
BAR → MDC	Bypass +	Bypass -
Gestion d'informations faisant référence au but commun	53	95
Gestion d'informations interprétées	64	93
Gestion d'informations non interprétées de la situation	166	210
Total général	283	398

Tableau 92. — Nombre d'énoncés transmis par le Barreur au MDC pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES et en fonction de l'identification du problème de bypass

$BAR \rightarrow MDC$	INF	INF-ACT	IDENT	INT	CG	EVAL	TACHE	BUT	PLAN	ACT	EX-ACT
Identification Bypass +	107	1	38	31	0	14	1	2	19	1	35
Identification Bypass -	190	0	76	63	1	38	1	8	14	9	32

Tableau 93. — Nombre d'énoncés transmis par le TSP au MDC selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'identification du problème de bypass

	Identification	Identification
TSP → MDC	Bypass +	Bypass -
Gestion d'informations faisant référence au but commun	19	26
Gestion d'informations interprétées	100	111
Gestion d'informations non interprétées de la situation	107	89
Total général	229	227

Tableau 94. — Nombre d'énoncés transmis par le TSP au MDC pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES et en fonction de l'identification du problème de bypass

$TSP \to MDC$	INF	INF-ACT	IDENT	INT	CG	EVAL	TACHE	BUT	PLAN	ACT	EX-ACT
Identification Bypass +	59	3	57	11	3	8	0	0	43	28	17
Identification Bypass -	48	2	65	17	1	9	0	0	46	24	15

Tableau 95. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC au BAR selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'identification du problème de bypass

	Identification	Identification
$MDC \rightarrow BAR$	Bypass +	Bypass -
Gestion d'informations faisant référence au but commun	42	55
Gestion d'informations interprétées	89	91
Gestion d'informations non interprétées de la situation	69	114
Total général	201	262

Tableau 96. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC au BAR pour chaque catégorie de la classe ACTIVITES COGNITIVES ELEMENTAIRES et en fonction de l'identification du problème de bypass

MDC → BAR	INF	INF-ACT	IDENT	INT	CG	EVAL	TACHE	BUT	PLAN	ACT	EX-ACT
Identification Bypass +	20	1	44	29	1	11	2	8	37	46	2
Identification Bypass -	32	5	49	30	5	21	4	16	26	76	4

Tableau 97. — Nombre d'énoncés transmis par le MDC au TSP selon le niveau de GESTION DES INFORMATIONS et en fonction de l'identification du problème de bypass

	Identification	Identification
MDC → TSP	Bypass +	Bypass -
Gestion d'informations faisant référence au but commun	23	25
Gestion d'informations interprétées	96	105
Gestion d'informations non interprétées de la situation	120	114
Total général	241	246

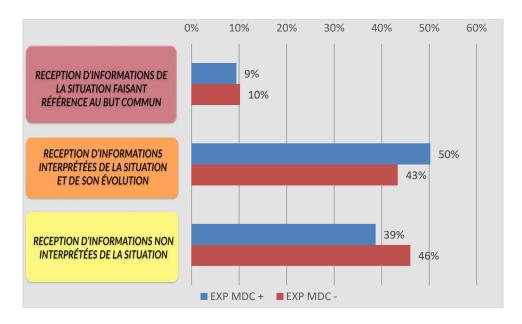


Figure 85. — Proportion d'énoncés transmis par le TSP au MDC selon le niveau de gestion des informations et en fonction de l'expérience du MDC. (*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001)

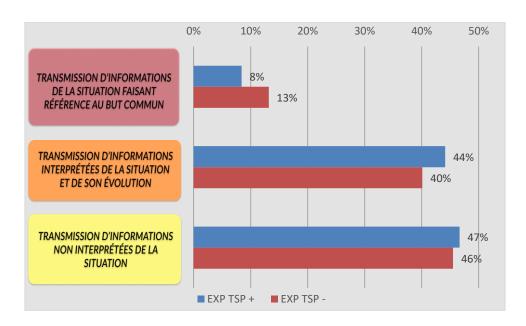


Figure 86. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC au TSP selon le niveau de gestion des informations et en fonction de l'expérience du TSP.

(*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001)

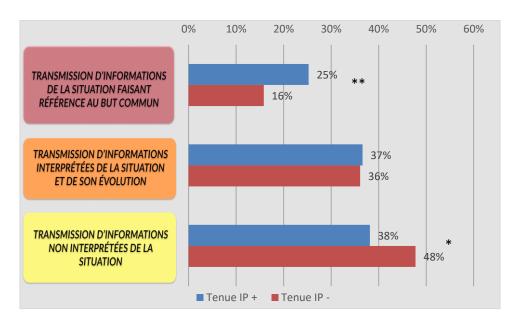


Figure 87. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC à l'OCQ pour chaque niveau de gestion des informations en fonction de la tenue de l'IP.

(*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001)

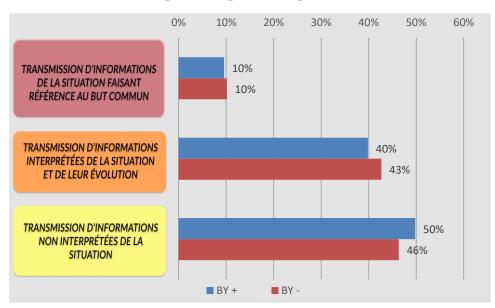


Figure 88. — Proportion d'énoncés transmis par le MDC à l'OCQ pour chaque niveau de gestion des informations en fonction de la tenue de l'IP.

(*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001)

Annexe 14. Extrait d'un corpus verbal codé (Etude 1)

Equipe	Locuteur	Destinataire	Verbatim	Tâche
EQ2	ocq	mdc	top la vue	pesée
EQ2	BAR	рср	PCP moteur avant 1	pesée
EQ2	MDC	ocq	16,5m	pesée
EQ2	MDC	bar	tu fais gaffe tu regardes ta VA	pesée
EQ2	TSP	mdc	5s	pesée
EQ2	ocq	mdc	central, Faudra mettre à jour les (éléments)	éléments
EQ2	ocq	mdc	On est à 16m	pesée
EQ2	TSP	mdc	10s	pesée
EQ2	TSP	mdc	15s	pesée
EQ2	TSP	mdc	20s	pesée
EQ2	TSP	mdc	25s	pesée
EQ2	TSP	mdc	30s	pesée
EQ2	ocq	cdt	reçu	pesée
EQ2	ocq	mdc	pour tous l'isobathe de garde passe à 75m,	éléments
EQ2	ocq	mdc	fond sous la quille de garde à 59m,	éléments
EQ2	ocq	mdc	fond sous la quille de sécu à 30m	éléments
EQ2	MDC	ocq	ah l'isobathe de garde a changé aussi	éléments
EQ2	ocq	mdc	75m	éléments
EQ2	MDC	ocq	d'accord	éléments
EQ2	BAR	mdc	reçu 75 m	éléments
EQ2	ocq	mdc	fond sous la quille de garde à 59m,	éléments
EQ2	ocq	mdc	fond sous la quille de sécu à 30m	éléments
EQ2	ocq	mdc	bord libre babord 1 8 0	éléments
EQ2	BAR	mdc	*59m	éléments
EQ2	MDC	ocq	ok	éléments
EQ2	TSP	mdc	reçu pour les 30 tours ?	pesée
EQ2	MDC	cdt	non je n'ai pas entendu j'ai dû faire répéter justement	pesée
EQ2	MDC	cdt	30 tours reçu	pesée
EQ2	TSP	рср	PCP de central se régler pour 30 tours	pesée
EQ2	BAR	mdc	17m je monte	pesée
EQ2	PCP	tsp	reçu PCP se régler 30 tours	pesée
EQ2	MDC	tsp	Ok donc tu pompes 300L	pesée
EQ2	ocq	cdt	commandant je vous propose de pointer sur la frégate VDS sur le 2 5 0	cdt
EQ2	TSP	mdc	300L reçu	pesée

EQ2	TSP	рср	PCP AUX2 on démarre la pompe DM	pesée
EQ2	MDC	tsp	tu, tu vois avec le PCP pour la pompe banale 2 que tu n'as pas la main	temp
EQ2	MDC	tsp	et tu préviens quand l'autre est en température	temp
EQ2	TSP	рср	PCP de central	temp
EQ2	PCP	tsp	central de PCP on est réglé 30 tours	pesée
EQ2	ocq	mdc	rien à la caméra	cdt
EQ2	MDC	tsp	reçu pour les 30 tours	pesée
EQ2	ocq	mdc	euh (nomMDC)	temp
EQ2	ocq	mdc	est-ce que la station d'huile est sécurisée ?	temp
EQ2	MDC	ocq	oui elle est sécurisée	temp
EQ2	MDC	ocq	alors pour l'instant on a pas la main sur la banale 2 ?	temp
EQ2	TSP	mdc	non non non on a aussi les températures d'aspiration sur les deux banales qui sont supérieures à 39°	temp
EQ2	MDC	tsp	ouais mais là c'est parti là	temp
EQ2	MDC	tsp	est-ce que tu as la main sur la banale 2 ?	temp
EQ2	TSP	mdc	oui j'ai la main mais quand je l'ai démarrée elle est montée à 60° aussi	temp
EQ2	MDC	tsp	démarre moi la banale 2 maintenant	temp
EQ2	TSP	mdc	ok	temp
EQ2	ocq	cdt	on peut hisser la multi commandant ?	cdt
EQ2	MDC	tsp	et tu surveilles la température	temp
EQ2	MDC	рср	j'appelle le PCP par un téléphone	temp
EQ2	MDC	рср	j'appelle le PCP par un téléphone	temp
EQ2	ocq	cdt	reçu se disposer pour un équilibrage	cdt
EQ2	MDC	ocq	pour le chef de quart on a eu un problème detempérature d'aspiration sur les deux pompes	temp
EQ2	MDC	ocq	alors à combien est la température eau de mer à l'extérieur ?	temp
EQ2	CDT	mdc	actuellement on est à 23	temp
EQ2	MDC	cdt	23	temp
EQ2	TSP	mdc	on peut passer en GV ?	temp
EQ2	MDC	tsp	faudra surveiller pour l'instant on est redescendu en température	temp
EQ2	MDC	tsp	faudra surveiller si ça vaut le coup de faire un petit peu de GV le temps de faire redescendre la température ou pas	temp
EQ2	TSP	mdc	ça ferait deux aérien, l'AME et le périscope d'attaque	cdt
EQ2	CDT	mdc	voyez avec le chef de quart si on peut faire de la GV à l'IP	temp
EQ2	MDC	cdt	ouais beh c'est pas bon pour l'arrière quoi, pour l'oxygène	temp
EQ2	OSR	mdc	non non attendez ça n'a rien à voir les pompes MM vous n'allez pas faire d'oxygène, c'est à la limite c'est une question de mise à coup	temp
EQ2	MDC	osr	ouais ? c'est que même en GV	temp
EQ2	OSR	mdc	on peut même en GV ça ne posera pas de problème	temp
EQ2	TSP	mdc	l' AME est hissée	cdt

EQ2	TSP	mdc	deux aériens	cdt
EQ2	OSR	mdc	vous êtes en GV ?	temp
EQ2	OSR	mdc	s'il n'y a pas de menace ASM	cdt
EQ2	TSP	mdc	on fait quoi on repasse en config normale ?	temp
EQ2	MDC	tsp	attends reste comme ça pour l'instant	temp
EQ2	ocq	cdt	ben de toute façon eux ils ont compris que c'était juste un problème de mise à coup	temp
EQ2	OSR	ocq	ouais c'est ça	temp
EQ2	PCP	tsp	*central de PCP on affiche moteur avant 0 pour conformité	pesée
EQ2	ocq	cdt	*après euh on a deux frégates autour	cdt
EQ2	MDC	рср	reçu 0	pesée
EQ2	TSP	рср	reçu	pesée
EQ2	MDC	osr	on fait quoi chef	temp
EQ2	CDT	mdc	ok central la nav est recalée	cdt
EQ2	MDC	cdt	*on demande à l'arrière de passer en GV sur la (MM)	temp
EQ2	CDT	mdc	*affalez I' (AME)	cdt
EQ2	ocq	mdc	vous avez combien de température ?	temp
EQ2	MDC	ocq	la 40	temp
EQ2	TSP	ocq	41	temp
EQ2	TSP	ocq	et 41, 41 là	temp
EQ2	MDC	ocq	pour l'instant ça va mais faut surveiller	temp
EQ2	CDT	mdc	on va se peser à 1 nœud central	pesée
EQ2	MDC	cdt	reçu	pesée
EQ2	MDC	tsp	on est encore un peu lourd	pesée
EQ2	MDC	tsp	tu me pompes	pesée
EQ2	ocq	cdt	on peut hisser la multi pour le contact ?	cdt
EQ2	MDC	tsp	tu me pompes 500L	pesée
EQ2	TSP	mdc	500L ?	pesée
EQ2	MDC	tsp	ouais	pesée
EQ2	ocq	mdc	on peut hisser la navstar	cdt
EQ2	CDT	mdc	dès que la navstar prend contact avec les coy je hisse le périscope d'attaque	cdt
EQ2	TSP	рср	PCP AUX2 on démarre la pompe DM	pesée
EQ2	MDC	cdt	reçu ça fera 4 aériens, le GS, la navstar, le périscope d'attaque, l'ARUR	cdt
EQ2	MDC	lui-même	et quoi d'autre ?	cdt
EQ2	CDT	mdc	Faudra disposer Pour le chargement sur 3 compresseurs	cea
EQ2	CDT	ocq	(nomOCQ) tu prends la manœuvre au périscope	cdt
EQ2	OCQ	cdt	ouais manœuvre au périscope effectuée	cdt
EQ2	TSP	aux	aux2 de central	pesée
EQ2	CDT	ocq	pour se poser à 1 nœud c'est l'objectif prise de contact en cours avec les commandos	pesée

EQ2	CDT	ocq	charge en air sur 3 compresseurs pour			
EQ2	MDC	tsp	tu fais disposer , tu repasses en configuration normalesur DT	cea		
EQ2	TSP	mdc	reçu	cea		
EQ2	BAR	mdc	17m	pesée		
EQ2	MDC	tsp	et tu fais disposer 3 compresseurs pour une charge en air à l'arrière, tes groupes	cea		
EQ2	MDC	tsp	et compresseur en bas	cea		
EQ2	MDC	tsp	500L pas plus	pesée		
EQ2	TSP	mdc	oui oui c'est bon	pesée		
EQ2	TSP	mdc	je fais disposer les compresseurs là maintenant ?	cea		
EQ2	MDC	tsp	oui attends	cea		
EQ2	BAR	mdc	on est lourd là	pesée		
EQ2	ocq	mdc	central donc là l'objectif c'est de peser à 1nd	pesée		
EQ2	MDC	tsp	continue à pomper les 500L	pesée		
EQ2	ocq	mdc	vous me dites quand on passe et à quelle distance	cdt		
EQ2	ocq	mdc	vous mettez en GV deux pompes (MM)	temp		
EQ2	MDC	ocq	reçu	temp		
EQ2	MDC	рср	j'appelle le PCP par téléphone	temp		
EQ2	MDC	tsp	occupe-toi de mettre les	temp		
EQ2	MDC	рср	PCP par téléphone			
EQ2	MDC	ocq	chef de quart faudrait passer MM en GV			
EQ2	MDC	ocq	on a un problème de température sur le côté le temps que ça redescende un peu en température	temp		
EQ2	SOND	ocq	180m	fonds		
EQ2	PCP	tsp	ouais reçu PCP	temp		
EQ2	ocq	mdc	dès qu'on peut réduire on réduit (nomMDC)	pesée		
EQ2	BAR	mdc	ouais là il faut pomper parce qu'on est lourd	pesée		
EQ2	TSP	mdc	*ils sont en train de pomper là	pesée		
EQ2	MDC	cdt	*pour celui qui est au périscope là	pesée		
EQ2	MDC	cdt	*pour l'instant on est à 30 tours on est un peu lourd on continue à pomper	pesée		
EQ2	TSP	рср	*PCP de central	cea		
EQ2	MDC	ocq	si on perd la vue il faudra redonner un peu de tours	pesée		
EQ2	PCP	tsp	PCP j'écoute	cea		
EQ2	TSP	рср	disposez les groupes 1 et 3 au chargement			
EQ2	PCP	tsp	répétez central			
EQ2	TSP	рср	disposez les groupes 1 et 3 au chargement			
EQ2	PCP	tsp	reçu PCP			
EQ2	BAR	mdc	j'arrive pas à monter			

EQ2	РСР	tsp	central de PCP deux MM en GV	temp
EQ2	TSP	mdc	on a une avarie du compteur	pesée
EQ2	MDC	tsp	ok le chrono, tu prends un chrono	pesée
EQ2	BAR	mdc	je demande moteur avant 1 maitre de central	pesée
EQ2	BAR	mdc	pour tenir parce que là	pesée
EQ2	MDC	tsp	tu as le chrono tu le prends	pesée
EQ2	TSP	mdc	oui	pesée
EQ2	MDC	tsp	ok ? C'est bon t'as fait partir le chrono ?	pesée
EQ2	TSP	mdc	c'est bon	pesée
EQ2	BAR	mdc	on peut mettre moteur avant 1 maitre de central parce que là	pesée
EQ2	MDC	bar	ouais	pesée
EQ2	MDC	ocq	chef de quart il faudrait passer en moteur avant 1	pesée
EQ2	MDC	ocq	on tient pas	pesée
EQ2	ocq	mdc	moteur avant 1	pesée
EQ2	ocq	mdc	pourquoi (nom du MDC), On est pas encore bien pesé ?	pesée
EQ2	MDC	ocq	pour l'instant on est encore lourd	pesée
EQ2	BAR	mdc	18m	pesée
EQ2	MDC	ocq	ok je vous propose moteur avant 3 histoire de remettre un petit coup d'hélice	pesée
EQ2	MDC	ocq	moteur avant 2 même	pesée
EQ2	OCQ	mdc	ok mais rapide alors parce qu'il ne faut pas faire de sillage	pesée
EQ2	MDC	bar	moteur avant 2	pesée
EQ2	MDC	bar	moteur avant 3	pesée
EQ2	OCQ	mdc	on dépasse pas les 4noeuds	pesée
EQ2	MDC	ocq	ouais	pesée
EQ2	MDC	ocq	je vais juste détourner le	pesée
EQ2	BAR	mdc	20m	pesée
EQ2	MDC	ocq	20m	pesée
EQ2	MDC	ocq	non on l'aura pas le contact	cdt
EQ2	MDC	bar	allez tu tiens là ?	pesée
EQ2	BAR	mdc	ouais je tiens la	pesée
EQ2	MDC	ocq	chef de quart 4noeuds on pourra pas il faudra monter à 5 nœuds	pesée
EQ2	TSP	bar	on est toujours en train de pomper là	pesée
EQ2	MDC	ocq	on tient pas à 20m	pesée
EQ2	OCQ	mdc	ouais 5 nœuds max	pesée
EQ2	BAR	mdc	ah ça y est la VA s'inverse	pesée
EQ2	ocq	cdt	on a contact avec les commandos ?	cdt

EQ2	MDC	ocq	ok on peut repasser moteur avant 1	pesée
EQ2	MDC	bar	vas-y je lui dirai après	pesée
EQ2	BAR	mdc	attendez attendez	pesée
EQ2	BAR	mdc	on peut réduire (nomMDC) ?	pesée
EQ2	MDC	bar	moteur avant 1	pesée
EQ2	OCQ	mdc	moteur avant 1	pesée
EQ2	BAR	mdc	reçu moteur avant 1	pesée
EQ2	MDC	bar	fais gaffe parce que là tu vas beaucoup monter maintenant	pesée
EQ2	TSP	mdc	je fais disposer les compresseurs ?	cea
EQ2	MDC	tsp	oui	cea
EQ2	TSP	aux	AUX2 de central	cea
EQ2	MDC	tsp	tu n'oublies pas le chrono tu marques le temps après	pesée
EQ2	TSP	mdc	oui	pesée
EQ2	MDC	tsp	parce qu'il va falloir que tu calcules	pesée
EQ2	TSP	aux	AUX2 de central	cea
EQ2	MDC	tsp	tiens bon pomper	pesée
EQ2	TSP	mdc	je tiens bon pomper	pesée
EQ2	MDC	tsp	reçu	pesée
EQ2	AUX	tsp	j'écoute	cea
EQ2	TSP	aux	disposez 3 compresseurs pour une charge en air	cea

Annexe 15. Extrait d'un corpus verbal codé (Etude 3)

Equipe	Locuteur	Destinataire	Verbatim	Modalité de transaction	Activité cognitive élémentaire	Objet de commu- nication	Fonction de la commu- nication
EQ1	OCQ	mdc	top la vue	R	IDENT	IM	
EQ1	MDC	ocq	18m50	Т	INF	IM	
EQ1	MDC	ocq	18 mètres	Т	INF	IM	
EQ1	TSP	mdc	5 secondes	R	INF	IM	
EQ1	ocq	mdc	allez il faut remonter les gars je suis au ras de l'eau	R	BUT	IM	
EQ1	MDC	ocq	17 mètres 70	Т	INF	IM	
EQ1	TSP	mdc	10 secondes	R	INF	IM	
EQ1	OCQ	mdc	on remonte	R	BUT	IM	
EQ1	BAR	mdc	17 mètres	R	INF	IM	
EQ1	MDC	tsp	bien	С	IDENT	IM	
EQ1	MDC	ocq	17 mètres	Т	INF	IM	
EQ1	TSP	mdc	15 secondes	R	INF	IM	
EQ1	MDC	bar	allez calle toi à 16 mètres	Т	BUT	IM	
EQ1	MDC	ocq	par contre on va réduire d'accord ?	D	BUT	VIT	
EQ1	MDC	ocq	on était un peu léger d'accord ?	Т	INT	POI	
EQ1	TSP	mdc	20 secondes	R	INF	IM	
EQ1	MDC	ocq	17 mètres	Т	INF	IM	
EQ1	ocq	mdc	moteur avant 1	R	ACT	VIT	
EQ1	TSP	mdc	25 secondes	R	INF	IM	
EQ1	MDC	ocq	reçu moteur avant 1	Т	ACT	VIT	
EQ1	TSP	mdc	reçu moteur avant 1	С	ACT	VIT	
EQ1	MDC	ocq	16 mètres	Т	INF	IM	
EQ1	BAR	PCP	PCP de poste de pilotage				PHAT
EQ1	BAR	PCP	moteur avant 1	R	EX-ACT	VIT	
EQ1	TSP	mdc	30 secondes	R	INF	IM	
EQ1	PCP	TSP	reçu moteur avant 1	С	EX-ACT	VIT	
EQ1	BAR	mdc	16 mètres	R	INF	IM	
EQ1	MDC	bar	bien	С	IDENT	IM	
EQ1	MDC	bar	fait gaffe à ta	Т	PLAN	IM	
EQ1	TSP	mdc	35 secondes	R	INF	IM	
EQ1	MDC	bar	fais gaffe tu remontes tranquille	Т	PLAN	IM	

EQ1	MDC	bar	voilà	Т	PLAN	IM	
EQ1	MDC	bar	bon par contre on va réduire	Т	BUT	VIT	
EQ1	MDC	bar	dès que t'as une tendance tu me le dis d'accord ?	D	PLAN	IM	
EQ1	BAR	mdc	ok	С	PLAN	IM	
EQ1	ocq	mdc	pour le central				PHAT
EQ1	MDC	ocq	oui j'écoute				PHAT
EQ1	OCQ	mdc	on est à l'IP	R	IDENT	IM	
EQ1	MDC	bar	(nomBAR) c'est bon la pour toi ?	D	INT	POI	
EQ1	BAR	mdc	c'est lourd là	R	INT	POI	
EQ1	MDC	ocq	pour l'instant on est à 6 nœuds 3	Т	INF	VIT	
EQ1	ocq	mdc	tu peux réduire	R	BUT	VIT	
EQ1	MDC	ocq	on est à 5 nœuds 8	Т	INF	VIT	
EQ1	MDC	ocq	reçu moteur avant 0	Т	ACT	VIT	
EQ1	TSP	рср	PCP de poste de pilotage				PHAT
EQ1	TSP	рср	moteur avant 0	R	EX-ACT	VIT	
EQ1	PCP	tsp	reçu moteur avant 0	С	EX-ACT	VIT	
EQ1	MDC	bar	fais gaffe à 5 nœuds d'accord	Т	PLAN	VIT	
EQ1	MDC	bar	à 5 nœuds le bateau aura tendance à descendre	Т	INT	IM	
EQ1	BAR	mdc	ouais	С	INT	IM	
EQ1	MDC	tsp	n'oublie pas t'admets au bypass	Т	PLAN	ВҮ	
EQ1	MDC	tsp	et 500 litres de DG avant	Т	PLAN	DM	
EQ1	MDC	tsp	si y'a un 55 mètres rapide	Т	PLAN	IM	
EQ1	MDC	tsp	d'accord ?	D	PLAN	IM	
EQ1	BAR	mdc	là le débit ///	R	INF	DM	
EQ1	MDC	bar	je te le dirai d'accord ?	Т	PLAN	DM	
EQ1	BAR	mdc	on est un poil lourd	R	INT	POI	
EQ1	MDC	bar	un poil lourd ?	D	INT	POI	
EQ1	BAR	mdc	ouais pas grand-chose	R	INT	POI	
EQ1	MDC	tsp	tu pompes ouais	Т	ACT	DM	
EQ1	MDC	tsp	tu pompes 300 litres	Т	ACT	DM	
EQ1	TSP	mdc	reçu	С	ACT	DM	
EQ1	TSP	рср	PCP auxiliaire 2 on démarre la pompe DM	R	EX-ACT	DM	
EQ1	MDC	bar	je te pompe 300 litres	Т	PLAN	DM	
EQ1	MDC	bar	je vais partir par 300 litres parce qu'en fait on est à 4 nœuds	Т	EVAL	DM	
EQ1	BAR	mdc	ouais ouais	С	EVAL	DM	
EQ1	MDC	bar	de toute façon tu remontes là ?	D	IDENT	IM	

EQ1	BAR	mdc	ouais mais c'est vraiment léger	R	IDENT	IM	
EQ1	AUX	tsp	bien pris d'auxiliaire 2	С	EX-ACT	DM	
EQ1	PCP	tsp	oui bien prit de PCP	С	EX-ACT	DM	
EQ1	MDC	bar	ouais	С	IDENT	IM	
EQ1	TSP	mdc	début de pompage	R	EX-ACT	DM	
EQ1	TSP	bar	t'es comment barreur	R	INT	POI	
EQ1	BAR	tsp	un poil lourd	R	INT	POI	
EQ1	TSP	bar	Un poil lourd ?	R	INT	POI	
EQ1	BAR	tsp	300 Litres	R	INT	POI	
EQ1	TSP	bar	300 litres	С	INT	POI	
EQ1	OCQ	mdc	maitre de central				PHAT
EQ1	MDC	ocq	ouais				PHAT
EQ1	TSP	mdc	maître de central on a dit 300 litres	R	PLAN	DM	
EQ1	MDC	tsp	ouais	С	PLAN	DM	
EQ1	MDC	tsp	ouais c'est 300 litres ouais	С	PLAN	DM	
EQ1	MDC	ocq	on est entrain de se peser	Т	IDENT	POI	
EQ1	MDC	ocq	ouais c'est bon pour nous	Т	INT	POI	
EQ1	TSP	mdc	donc tenu bon pomper 300 litres	R	IDENT	DM	
EQ1	MDC	tsp	bien	С	IDENT	DM	
EQ1	TSP	aux	AUX2 de central				PHAT
EQ1	MDC	bar	ptain t'es pas mal là	Т	INT	POI	
EQ1	MDC	bar	t'es à 16 nœuds 4	D	INF	IM	
EQ1	MDC	bar	16 mètres 5 ?	D	INF	IM	
EQ1	BAR	mdc	ouais	R	INF	IM	
EQ1	MDC	bar	bien	С	INF	IM	
EQ1	BAR	mdc	je suis juste un cheveu léger sinon	R	INT	POI	
EQ1	MDC	bar	mais c'est bon reste tranquille comme ça	Т	PLAN	IM	
EQ1	MDC	bar	par contre fais gaffe tu descends	Т	IDENT	IM	
EQ1	MDC	bar	t'as t'es à 16 mètres	Т	INF	IM	
EQ1	TSP	mdc	ouais il va reprendre une tendance legerement à descendre	R	INT	IM	
EQ1	MDC	bar	fais gaffe hein ?	Т	PLAN	IM	
EQ1	CDT	mdc	patron faudrait se peser à l'IP jusqu'à 1 nœud	R	TACHE	POI	
EQ1	CDT	mdc	faudrait mettre des angles de barre pour réduire	R	PLAN	VIT	
EQ1	BAR	mdc	17 mètres	R	INF	IM	
EQ1	OCQ	cdt	reçu	С	PLAN	VIT	
EQ1	MDC	cdt	bien	С	PLAN	VIT	

EQ1 MDC								
EQ1	EQ1	OCQ	mdc	on se cale à la gauche 15	R	ACT	IM	
EQUID MDC bar bon pas trop ouals T EX-ACT IM EQ1 OCQ bar à gauche R ACT IM EQ1 TSP bar à gauche R ACT IM EQ1 MDC bar à gauche putain (nom BAR) T ACT IM EQ1 MDC bar à gauche putain (nom BAR) T ACT IM EQ1 MDC bar à gauche putain (nom BAR) T ACT IM EQ1 MDC ocq an plus je regardais et j'oi pas T INF-ACT IM EQ1 MDC ocq en plus je regardais et j'oi pas T INF-ACT IM EQ1 MDC bar bien C INF IM EQ1 MDC bar bien C INF IM EQ1 MDC ccq certe de la vitesse d'accord ? R BUT VIT EQ1 MDC	EQ1	MDC	ocq	reçu à gauche 15	Т	ACT	IM	
EQ1	EQ1	BAR	mdc	reçu à gauche 15	R	EX-ACT	IM	
EQ1	EQ1	MDC	bar	bon pas trop ouais	Т	EX-ACT	IM	
EQ1 TSP bar à gauche R ACT IIM EQ1 MDC bar à gauche putain (nom BAR) T ACT IIM EQ1 MDC ocq ouais désolé T INF-ACT IIM EQ1 MDC ocq en plus je regardais et j'ai pas T INF-ACT IIM EQ1 MDC bar la barre est 15 à gauche R INF IIM EQ1 OCQ bar bien C INF IIM EQ1 OCQ mdc done l'objectif les gars c'est de réduire R BUT VIT EQ1 MDC docq perdre de la vitesse d'accord? R BUT VIT EQ1 MDC ocq perdre de la vitesse d'accord? R BUT VIT EQ1 MDC bar c'est à toi de CHANTER (nom BAR) T PLAN IIM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IIM	EQ1	OCQ	bar	à gauche	R	ACT	IM	
EQ1 MDC bar à gauche putain (nom BAR) T ACT IIM EQ1 MDC ocq ouais désolé T INF-ACT IIM EQ1 MDC ocq en plus je regardais et j'ai pas T INF-ACT IIM EQ1 BAR mdc la barre est 15 à gauche R INF IIM EQ1 OCQ bar bien C INF IIM EQ1 OCQ mdc donc l'objectif les gars c'est de réduire R BUT VIT EQ1 OCQ mdc perdre de la vitesse d'accord? R BUT VIT EQ1 MDC ocq ouais C BUT VIT EQ1 MDC bar rést à toi de CHANTER (nom BAR) T PLAN IIM EQ1 MDC bar n'ouble pas d'accord T PLAN IIM EQ1 MDC bar n'ouais ouais je l'ai vu en même temps que vu l'a vu	EQ1	OCQ	bar	à gauche	R	ACT	IM	
EQ1 MDC ocq ouals désolé EXP EQ1 MDC ocq en plus je regardais et j'ai pas T INF-ACT IM EQ1 BAR mdc la barre est 15 à gauche R INF IM EQ1 OCQ bar bien C INF IM EQ1 OCQ mdc donc l'objectif les gars c'est de réduire R BUT VIT EQ1 OCQ mdc perdre de la vitesse d'accord? R BUT VIT EQ1 MDC ocq quais C BUT VIT EQ1 MDC bar c'est do id e CHANTER (nom BAR) T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 MDC bar <td>EQ1</td> <td>TSP</td> <td>bar</td> <td>à gauche</td> <td>R</td> <td>ACT</td> <td>IM</td> <td></td>	EQ1	TSP	bar	à gauche	R	ACT	IM	
EQ1 MDC ocq en plus je regardais et j'oi pas T INF-ACT IM EQ1 BAR mdc lo bare est 15 à gauche R INF IM EQ1 OCQ bar bien C INF IM EQ1 OCQ mdc donc l'objectif les gars c'est de réduire R BUT VIT EQ1 MDC ocq ouais C BUT VIT EQ1 MDC ocq reçu C BUT VIT EQ1 MDC bar c'est à toi de CHANTER (nom BAR) T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 MDC bar ouais ouais je l'ai vu en même temps que R INF-ACT IM EQ1<	EQ1	MDC	bar	à gauche putain (nom BAR)	Т	ACT	IM	
EQ1 BAR mdc lo bare est 15 à gauche R INF IM EQ1 OCQ bar bien C INF IM EQ1 OCQ mdc donc l'objectif les gars c'est de réduire R BUT VIT EQ1 MDC ocq ouais C BUT VIT EQ1 MDC ocq reçu C BUT VIT EQ1 MDC bar c'est à toi de CHANTER (nom BAR) T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 MDC bar ouais ouais je l'ai vu en même temps que R INF-ACT IM EQ1 <	EQ1	MDC	ocq	ouais désolé				EXP
EQ1 OCQ bar bien C INF IM EQ1 OCQ mdc donc l'objectif les gars c'est de réduire R BUT VIT EQ1 OCQ mdc perdre de la vitesse d'accord? R BUT VIT EQ1 MDC ocq ouais C BUT VIT EQ1 BAR ocq reçu C BUT VIT EQ1 MDC bar c'est à toi de CHANTER (nom BAR) T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 MDC bar ouais ouais C INF-ACT IM EQ1 MDC bar ouais ouais C INF IM EQ1 MDC bar	EQ1	MDC	ocq	en plus je regardais et j'ai pas	Т	INF-ACT	IM	
EQ1 OCQ mdc donc l'objectif les gars c'est de réduire R BUT VIT EQ1 OCQ mdc perdre de la vitesse d'accord ? R BUT VIT EQ1 MDC ocq ouais C BUT VIT EQ1 BAR ocq reçu C BUT VIT EQ1 MDC bar c'est à toi de CHANTER (nom BAR) T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 MDC bar ouais ouais C INF-ACT IM EQ1 MDC bar ouais ouais C INF IM EQ1 MDC	EQ1	BAR	mdc	la barre est 15 à gauche	R	INF	IM	
EQ1 OCQ mdc perdre de la vitesse d'accord ? R BUT VIT EQ1 MDC ocq ouais C BUT VIT EQ1 BAR ocq reçu C BUT VIT EQ1 MDC bar c'est à toi de CHANTER (nom BAR) T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 BAR mdc ouais ouais je l'ai vu en même temps que vous R INF-ACT IM EQ1 MDC bar ouais ouais C INF-ACT IM EQ1 MDC bar ouais ouais C INF-ACT IM EQ1 MDC bar bien C INF IM EQ1 MDC tsp attends tu pompes 300 litres T ACT DM EQ1 MDC	EQ1	OCQ	bar	bien	С	INF	IM	
EQ1 MDC ocq ouais C BUT VIT EQ1 BAR ocq regu C BUT VIT EQ1 MDC bar c'est à toi de CHANTER (nom BAR) T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 BAR mdc ouais ouais je l'ai vu en même temps que vous R INF-ACT IM EQ1 MDC bar ouais ouais je l'ai vu en même temps que vous R INF-ACT IM EQ1 MDC bar ouais ouais je l'ai vu en même temps que vous R INF-ACT IM EQ1 MDC bar ouais ouais je l'ai vu en même temps que vous R INF-ACT IM EQ1 MDC bar ouais ouais parie l'en vu en même temps que vous R INF IM EQ1 MDC bar bien C INF IM EQ1 MDC tsp attends tu pompe 300 litres parce que là tu d'	EQ1	ocq	mdc	donc l'objectif les gars c'est de réduire	R	BUT	VIT	
EQ1 MDC bar c'est à toi de CHANTER (nom BAR) T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 BAR mdc Ouais ouais je l'ai vu en même temps que vous EQ1 MDC bar ouais ouais C INF-ACT IM EQ1 MDC bar ouais ouais C INF-ACT IM EQ1 MDC bar bien C INF IM EQ1 MDC tsp attends tu pompes 300 litres T ACT DM EQ1 MDC bar lée pompe 300 litres parce que là tu descends EQ1 MDC ocq ouais C ACT IM EQ1 MDC ocq on est à 17 mètres 70 on voilà T INF IM EQ1 MDC tsp ouais parpes 300 litres T ACT DM EQ1 MDC ocq on pompe? EQ1 MDC ocq ocalis TSP occ occ occ occ occ occ occ occ occ oc	EQ1	ocq	mdc	perdre de la vitesse d'accord ?	R	BUT	VIT	
EQ1 MDC bar c'est à toi de CHANTER (nom BAR) T PLAN IM EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 BAR mdc ouais je l'ai vu en même temps que vous EQ1 MDC bar ouais ouais C INF-ACT IM EQ1 BAR mdc on est à 17 mètre 5 R INF IM EQ1 MDC bar bien C INF IM EQ1 MDC tsp attends tu pompes 300 litres T ACT DM EQ1 MDC bar je te pompe 300 litres parce que là tu descends EQ1 MDC ocq ouais C ACT IM EQ1 MDC ocq on est à 17 mètres 70 on voilà T INF IM EQ1 MDC tsp attends tu pompes 300 litres T ACT DM EQ1 MDC ocq on est à 17 mètres 70 on voilà T INF IM EQ1 TSP mdc on pompe? RD PLAN DM EQ1 TSP pcp PCP auxiliaire 2 on démarre la pompe DM R EX-ACT DM EQ1 BAR mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM	EQ1	MDC	ocq	ouais	С	BUT	VIT	
EQ1 MDC bar n'oublie pas d'accord T PLAN IM EQ1 BAR mdc ouais je l'ai vu en même temps que vous EQ1 MDC bar ouais ouais EQ1 MDC bar ouais ouais EQ1 BAR mdc on est à 17 mètre 5 R INF IM EQ1 MDC bar bien C INF IM EQ1 MDC tsp attends tu pompes 300 litres EQ1 MDC bar je te pompe 300 litres parce que là tu descends EQ1 MDC ocq ouais EQ1 MDC ocq on est à 17 mètres 70 on voilà EQ1 MDC ocq on pompe ? RD PLAN DM EQ1 TSP mdc on pompe ? RD PLAN DM EQ1 TSP pcp PCP auxiliaire 2 on démarre la pompe DM EQ1 BAR mdc barre avant tout à monter EQ1 BAR mdc début de pompage R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R INF IM EQ1 MDC ocq 17 mètres 90 T INF IM	EQ1	BAR	ocq	reçu	С	BUT	VIT	
EQ1 BAR mdc vous ouais je l'ai vu en même temps que vous R INF-ACT IM EQ1 MDC bar ouais ouais C INF-ACT IM EQ1 BAR mdc on est à 17 mètre 5 R INF IM EQ1 MDC bar bien C INF IM EQ1 MDC tsp attends tu pompes 300 litres T ACT DM EQ1 MDC bar je te pompe 300 litres parce que là tu descends EQ1 MDC ocq ouais C ACT IM EQ1 MDC ocq on est à 17 mètres 70 on voilà T INF IM EQ1 MDC ocq on est à 17 mètres 70 on voilà T INF IM EQ1 TSP mdc on pompe ? RD PLAN DM EQ1 MDC tsp ouais pompes 300 litres T ACT DM EQ1 MDC tsp ouais pompes 300 litres EQ1 MDC TSP pcp PCP auxiliaire 2 on démarre la pompe DM R EX-ACT DM EQ1 BAR mdc 17 mètres 90 R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM	EQ1	MDC	bar	c'est à toi de CHANTER (nom BAR)	Т	PLAN	IM	
EQ1 MDC bar ouais ouais EQ1 MDC bar ouais ouais EQ1 MDC bar bien EQ1 MDC bar bien EQ1 MDC tsp attends tu pompes 300 litres EQ1 MDC bar bien EQ1 MDC bar ditends tu pompes 300 litres EQ1 MDC bar bien EQ1 MDC bar ditends tu pompes 300 litres EQ1 MDC bar descends EQ1 MDC cq mdc 16m central EQ1 MDC ocq ouais EQ1 MDC ocq on est à 17 mètres 70 on voilà EQ1 MDC ocq on est à 17 mètres 70 on voilà EQ1 TSP mdc on pompe? EQ1 MDC tsp ouais pompes 300 litres EQ1 TSP mdc on pompe? EQ1 MDC tsp ouais pompes 300 litres EQ1 TSP pcp PCP auxiliaire 2 on démarre la pompe DM EQ1 PCP tsp reçu C EX-ACT DM EQ1 BAR mdc 17 mètres 90 R INF IM EQ1 BAR mdc barre avant tout à monter EQ1 MDC ocq 17 mètres 90 T INF IM EQ1 MDC ocq 17 mètres 90 T INF IM	EQ1	MDC	bar	n'oublie pas d'accord	Т	PLAN	IM	
EQ1 BAR mdc on est à 17 mètre 5 R INF IM EQ1 MDC bar bien C INF IM EQ1 MDC tsp attends tu pompes 300 litres T ACT DM EQ1 MDC bar je te pompe 300 litres parce que là tu descends EQ1 MDC ocq mdc 16m central R ACT IM EQ1 MDC ocq ouais C ACT IM EQ1 MDC ocq on est à 17 mètres 70 on voilà T INF IM EQ1 OCQ mdc j'suis au ras de l'eau R INF IM EQ1 TSP mdc on pompe? EQ1 MDC tsp ouais pompes 300 litres T ACT DM EQ1 MDC tsp ouais pompes 300 litres T ACT DM EQ1 MDC tsp ouais pompes 300 litres T ACT DM EQ1 MDC tsp ouais pompes 300 litres T ACT DM EQ1 MDC tsp reçu C EX-ACT DM EQ1 BAR mdc 17 mètres 90 R INF IM EQ1 BAR mdc barre avant tout à monter R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 MDC ocq 17 mètres 90 T INF IM	EQ1	BAR	mdc		R	INF-ACT	IM	
EQ1 MDC bar bien C INF IM EQ1 MDC tsp attends tu pompes 300 litres T ACT DM EQ1 MDC bar je te pompe 300 litres parce que là tu descends EQ1 OCQ mdc 16m central R ACT IM EQ1 MDC ocq ouais C ACT IM EQ1 MDC ocq on est à 17 mètres 70 on voilà T INF IM EQ1 OCQ mdc j'suis au ras de l'eau R INF IM EQ1 TSP mdc on pompe? EQ1 MDC tsp ouais pompes 300 litres T ACT DM EQ1 TSP pcp PCP auxiliaire 2 on démarre la pompe DM R EX-ACT DM EQ1 PCP tsp reçu C EX-ACT DM EQ1 BAR mdc 17 mètres 90 R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM	EQ1	MDC	bar	ouais ouais	С	INF-ACT	IM	
EQ1 MDC tsp attends tu pompes 300 litres T ACT DM EQ1 MDC bar je te pompe 300 litres parce que là tu descends EQ1 OCQ mdc 16m central R ACT IM EQ1 MDC ocq ouais C ACT IM EQ1 MDC ocq on est à 17 mètres 70 on voilà T INF IM EQ1 OCQ mdc j'suis au ras de l'eau R INF IM EQ1 TSP mdc on pompe ? RD PLAN DM EQ1 MDC tsp ouais pompes 300 litres T ACT DM EQ1 TSP pcp PCP auxiliaire 2 on démarre la pompe DM R EX-ACT DM EQ1 PCP tsp reçu C EX-ACT DM EQ1 BAR mdc 17 mètres 90 R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 MDC ocq 17 mètres 90 T INF IM	EQ1	BAR	mdc	on est à 17 mètre 5	R	INF	IM	
EQ1 MDC bar je te pompe 300 litres parce que là tu descends EQ1 OCQ mdc 16m central R ACT IM EQ1 MDC ocq ouais C ACT IM EQ1 MDC ocq on est à 17 mètres 70 on voilà T INF IM EQ1 OCQ mdc j'suis au ras de l'eau R INF IM EQ1 TSP mdc on pompe? EQ1 MDC tsp ouais pompes 300 litres T ACT DM EQ1 TSP pcp PCP auxiliaire 2 on démarre la pompe DM R EX-ACT DM EQ1 PCP tsp reçu C EX-ACT DM EQ1 BAR mdc 17 mètres 90 R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 MDC ocq 17 mètres 90 T INF IM	EQ1	MDC	bar	bien	С	INF	IM	
EQ1 OCQ mdc 16m central R ACT IM EQ1 MDC ocq ouais C ACT IM EQ1 MDC ocq on est à 17 mètres 70 on voilà T INF IM EQ1 OCQ mdc j'suis au ras de l'eau R INF IM EQ1 TSP mdc on pompe? RD PLAN DM EQ1 TSP pcp PCP auxiliaire 2 on démarre la pompe DM R EX-ACT DM EQ1 PCP tsp reçu C EX-ACT DM EQ1 BAR mdc 17 mètres 90 R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM	EQ1	MDC	tsp	attends tu pompes 300 litres	Т	ACT	DM	
EQ1 MDC ocq ouais EQ1 MDC ocq on est à 17 mètres 70 on voilà EQ1 OCQ mdc j'suis au ras de l'eau EQ1 TSP mdc on pompe? EQ1 MDC tsp ouais pompes 300 litres EQ1 TSP pcp PCP auxiliaire 2 on démarre la pompe DM EQ1 PCP tsp reçu EQ1 BAR mdc 17 mètres 90 EQ1 TSP mdc début de pompage EQ1 TSP mdc début de pompage EQ1 MDC ocq 17 mètres 90 T INF IM EQ1 MDC ocq 17 mètres 90 T INF IM	EQ1	MDC	bar		Т	IDENT	IM	
EQ1 MDC ocq on est à 17 mètres 70 on voilà T INF IM EQ1 OCQ mdc j'suis au ras de l'eau R INF IM EQ1 TSP mdc on pompe? RD PLAN DM EQ1 MDC tsp ouais pompes 300 litres T ACT DM EQ1 TSP pcp PCP auxiliaire 2 on démarre la pompe DM R EX-ACT DM EQ1 PCP tsp reçu C EX-ACT DM EQ1 BAR mdc 17 mètres 90 R INF IM EQ1 BAR mdc barre avant tout à monter R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 MDC ocq 17 mètres 90 T INF IM	EQ1	ocq	mdc	16m central	R	ACT	IM	
EQ1 OCQ mdc j'suis au ras de l'eau R INF IM EQ1 TSP mdc on pompe ? RD PLAN DM EQ1 MDC tsp ouais pompes 300 litres T ACT DM EQ1 TSP pcp PCP auxiliaire 2 on démarre la pompe DM R EX-ACT DM EQ1 PCP tsp reçu C EX-ACT DM EQ1 BAR mdc 17 mètres 90 R INF IM EQ1 BAR mdc barre avant tout à monter R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 MDC ocq 17 mètres 90 T INF IM	EQ1	MDC	ocq	ouais	С	ACT	IM	
EQ1 TSP mdc on pompe ? RD PLAN DM EQ1 MDC tsp ouais pompes 300 litres T ACT DM EQ1 TSP pcp PCP auxiliaire 2 on démarre la pompe DM R EX-ACT DM EQ1 PCP tsp reçu C EX-ACT DM EQ1 BAR mdc 17 mètres 90 R INF IM EQ1 BAR mdc barre avant tout à monter R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 MDC ocq 17 mètres 90 T INF IM	EQ1	MDC	ocq	on est à 17 mètres 70 on voilà	Т	INF	IM	
EQ1 MDC tsp ouais pompes 300 litres T ACT DM EQ1 TSP pcp PCP auxiliaire 2 on démarre la pompe DM R EX-ACT DM EQ1 PCP tsp reçu C EX-ACT DM EQ1 BAR mdc 17 mètres 90 R INF IM EQ1 BAR mdc barre avant tout à monter R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 MDC ocq 17 mètres 90 T INF IM	EQ1	OCQ	mdc	j'suis au ras de l'eau	R	INF	IM	
EQ1 TSP pcp PCP auxiliaire 2 on démarre la pompe DM R EX-ACT DM EQ1 PCP tsp reçu C EX-ACT DM EQ1 BAR mdc 17 mètres 90 R INF IM EQ1 BAR mdc barre avant tout à monter R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 MDC ocq 17 mètres 90 T INF IM	EQ1	TSP	mdc	on pompe ?	RD	PLAN	DM	
EQ1 PCP tsp reçu C EX-ACT DM EQ1 BAR mdc 17 mètres 90 R INF IM EQ1 BAR mdc barre avant tout à monter R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 MDC ocq 17 mètres 90 T INF IM	EQ1	MDC	tsp	ouais pompes 300 litres	Т	ACT	DM	
EQ1 PCP tsp reçu C EX-ACT DM EQ1 BAR mdc 17 mètres 90 R INF IM EQ1 BAR mdc barre avant tout à monter R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 MDC ocq 17 mètres 90 T INF IM	EQ1	TSP	рср	PCP auxiliaire 2 on démarre la pompe DM	R	EX-ACT	DM	
EQ1 BAR mdc 17 mètres 90 R INF IM EQ1 BAR mdc barre avant tout à monter R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 MDC ocq 17 mètres 90 T INF IM	EQ1	PCP		reçu		EX-ACT	DM	
EQ1 BAR mdc barre avant tout à monter R INF IM EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 MDC ocq 17 mètres 90 T INF IM		BAR					IM	
EQ1 TSP mdc début de pompage R IDENT DM EQ1 MDC ocq 17 mètres 90 T INF IM		BAR					IM	
EQ1 MDC ocq 17 mètres 90 T INF IM							DM	
TOTAL TOTAL CONTRACTOR OF THE	EQ1	MDC	tsp	reçu	С	IDENT	DM	

EQ1	MDC	ocq	18 mètres	Т	INF	IM	
EQ1	BAR	mdc	je prends une légère assiette pour pouvoir le faire monter	R	EVAL	IM	
EQ1	MDC	bar	voilà réduis ta barre réduit ton angle	Т	PLAN	IM	
EQ1	ocq	mdc	zéro à la barre	R	ACT	IM	
EQ1	MDC	bar	voilà	Т	INT	IM	
EQ1	BAR	mdc	ZERO la barre	R	EX-ACT	IM	
EQ1	MDC	tsp	toi tu pompes	Т	ACT	DM	
EQ1	ocq	mdc	allez faut monter	R	BUT	IM	
EQ1	MDC	ocq	bien on a une VA stable à 0 mètre seconde	Т	IDENT	IM	
EQ1	BAR	mdc	18 m 2	R	INF	IM	
EQ1	BAR	mdc	la VA s'inverse	R	IDENT	IM	
EQ1	MDC	bar	bien	С	IDENT	IM	
EQ1	MDC	ocq	18 mètres 30	Т	INF	IM	
EQ1	MDC	bar	pourquoi tu descends ?	D	INT	IM	
EQ1	MDC	ocq	je suis entrain de pomper encore	Т	IDENT	DM	
EQ1	MDC	bar	prends une assette prends ton assette prends une assette	Т	ACT	IM	
EQ1	MDC	bar	essaies de prendre une assiette à plus 2	Т	PLAN	IM	
EQ1	BAR	mdc	ouais ouais	С	PLAN	IM	
EQ1	MDC	bar	tu remontes là ?	D	IDENT	IM	
EQ1	MDC	ocq	on est à 17 mètres 80 18 mètre 70	Т	INF	IM	
EQ1	TSP	mdc	maitre de central				PHAT
EQ1	MDC	ocq	18 mètres 80	Т	INF	IM	
EQ1	MDC	tsp	attends tu pompes ?	D	IDENT	DM	
EQ1	MDC	ocq	je demande du moteur moteur avant 1	D	PLAN	VIT	
EQ1	MDC	ocq	moteur avant 2 pour booster chef de quart	Т	EVAL	VIT	
EQ1	MDC	ocq	on est entrain de descendre on est à 19 mètres	Т	IDENT	IM	
EQ1	TSP	mdc	maitre de central j'ai la pompe DM qui à pas l'air de	R	IDENT	DM	
EQ1	BAR	mdc	19 mètres	R	INF	IM	
EQ1	MDC	bar	bien reçu	С	INF	IM	
EQ1	ocq	mdc	moteur avant 3	R	ACT	VIT	
EQ1	MDC	ocq	bien reçu moteur avant 3	Т	ACT	VIT	
EQ1	BAR	рср	PCP de poste de pilotage moteur avant 3	R	EX-ACT	VIT	
EQ1	PCP	tsp	moteur avant 3	R	EX-ACT	VIT	
EQ1	TSP	mdc	central je crois que j'ai un problème sur DM	R	INT	DM	

EQ1	MDC	tsp	bien arrête DM	Т	ACT	DM	
EQ1	MDC	tsp	arrête la pompe	Т	ACT	DM	
EQ1	TSP	mdc	elle ne pompe pas	R	IDENT	DM	
EQ1	MDC	bar	bien et toi tu me remontes	Т	BUT	IM	
EQ1	MDC	bar	bien 19 mètres on a mis moteur avant 3	Т	IDENT	VIT	
EQ1	ocq	mdc	dès qu'on est à 4 nœuds tu me préviens on réduira avant 1	R	PLAN	VIT	
EQ1	MDC	ocq	reçu	С	PLAN	VIT	
EQ1	MDC	bar	t'as entendu 4 nœuds on réduira avant 1 ?	D	PLAN	VIT	
EQ1	BAR	mdc	reçu	С	PLAN	VIT	
EQ1	TSP	mdc	maître de central				PHAT
EQ1	MDC	bar	bien	С	PLAN	VIT	
EQ1	MDC	tsp	et toi t'appelles l'AUX2 tu demandes à investiguer sur DM	D	IDENT	DM	
EQ1	TSP	mdc	on a un soucis sur DM	R	INT	DM	
EQ1	BAR	рср	PCP de poste de pilotage				PHAT
EQ1	BAR	рср	à 4 nœuds on réduira avant 1	R	PLAN	VIT	
EQ1	TSP	aux	auxiliaire 2 de central				PHAT
EQ1	OCQ	mdc	20 mètres	R	INF	IM	
EQ1	AUX	tsp	oui j'écoute				PHAT
EQ1	MDC	ocq	20 mètres	Т	INF	IM	
EQ1	TSP	aux	on a eu une avarie sur DM	R	IDENT	DM	
EQ1	TSP	aux	je l'ai démarrée mais j'avais rien au COMPTEUR	R	IDENT	DM	
EQ1	MDC	ocq	vitesse loch 3 nœuds 5	Т	INF	VIT	
EQ1	TSP	aux	est-ce que vous en local l'entendez fonctionner ?	R	IDENT	DM	
EQ1	AUX	tsp	répète un peu là				PHAT
EQ1	TSP	aux	on a essayé de POMPER au niveau la DM sauf qu'au niveau du compteur on avait pas d'informations comme quoi la pompe fonctionnait bien	R	IDENT	DM	
EQ1	AUX	tsp	bah oui on la pompe DM qui fonctionne y'a pas de soucis	R	IDENT	DM	
EQ1	BAR	mdc	ça y est la VA est positive	R	IDENT	IM	
EQ1	BAR	mdc	on remonte	R	IDENT	IM	
EQ1	MDC	ocq	bien on a une VA qui passe positive	Т	IDENT	IM	
EQ1	MDC	ocq	vitesse loch 5 nœuds	Т	INF	VIT	
EQ1	OCQ	mdc	moteur avant 1	R	ACT	VIT	

EQ1	MDC	ocq	reçu moteur avant 1	Т	ACT	VIT	
EQ1	TSP	mdc	donc maître de central				PHAT
EQ1	BAR	mdc	moteur avant 1	R	EX-ACT	VIT	
EQ1	MDC	tsp	ouais				PHAT
EQ1	TSP	mdc	donc pour l'aux2 la pompe fonctionnait bien	R	IDENT	DM	
EQ1	TSP	mdc	et donc ça serait mon compteur qui serait mort sauf qu'en simulation il n'est pas mort	R	INT	DM	
EQ1	MDC	tsp	d'accord	С	INT	DM	
EQ1	TSP	mdc	est-ce qu'on refait une manip ?	RD	PLAN	DM	
EQ1	MDC	tsp	non t'avais pompé combien de temps ?	D	IDENT	DM	
EQ1	TSP	mdc	non j'ai rien pompé je ne sais pas si ça fonctionnait	R	IDENT	DM	
EQ1	MDC	tsp	re-pompes	Т	PLAN	DM	
EQ1	MDC	tsp	vas-y refait une manip tu pompes 300 litres	Т	ACT	DM	
EQ1	CDT	mdc	ok demandez aux AUX2 de prendre les compteurs en local	R	ACT	DM	
EQ1	MDC	cdt	reçu	С	ACT	DM	
EQ1	TSP	aux	auxiliaire 2 de central				PHAT
EQ1	MDC	ocq	bien on passe positif on a une VA de 0,10	Т	IDENT	IM	
EQ1	MDC	ocq	18 mètres	Т	INF	IM	
EQ1	ocq	mdc	moteur avant 0	R	ACT	VIT	
EQ1	MDC	ocq	reçu moteur avant 0	Т	ACT	VIT	
EQ1	BAR	mdc	moteur avant 0	R	EX-ACT	VIT	
EQ1	TSP	aux	aux 2 de central				PHAT
EQ1	BAR	рср	PCP de poste de pilotage moteur avant 0	R	EX-ACT	VIT	
EQ1	PCP	tsp	reçu	С	EX-ACT	VIT	
EQ1	MDC	ocq	bien 17 mètres	Т	INF	IM	
EQ1	TSP	aux	auxiliaire 2 de central				PHAT
EQ1	AUX	tsp	oui écoute				PHAT
EQ1	TSP	aux	on va refaire un balancement de la pompe DM	R	PLAN	DM	
EQ1	TSP	aux	donc pour pomper 300 litres environ	R	BUT	DM	
EQ1	TSP	aux	et prendre le niveau en local avec le compteur	R	PLAN	DM	
EQ1	AUX	tsp	reçu	С	PLAN	DM	
EQ1	MDC	ocq	bien 16 mètres	Т	INF	IM	
EQ1	TSP	рср	PCP de central on va démarrer la pompe DM	R	EX-ACT	DM	

EQ1	PCP	tsp	bien pris TSP	С	EX-ACT	DM	
EQ1	MDC	bar	mets toi vers 15 mètres 50 d'accord	Т	BUT	IM	
EQ1	BAR	mdc	reçu	С	BUT	IM	
EQ1	ocq	mdc	(nomMDC) c'est pour mettre des coups de barre pour réduire	RD	EVAL	VIT	
EQ1	MDC	ocq	ouais ouais pour réduire	С	EVAL	VIT	
EQ1	TSP	mdc	maître de central pour information j'ai toujours le compteur qui me montre pas que la pompe fonctionne bien	R	IDENT	DM	
EQ1	MDC	tsp	ouais	С	IDENT	DM	
EQ1	TSP	mdc	donc j'ai pris mon chrono ça fait une minute qu'on pompe	R	IDENT	DM	
EQ1	MDC	tsp	c'est bon tiens bon	Т	ACT	DM	
EQ1	TSP	mdc	on tient bon ?	RD	ACT	DM	
EQ1	MDC	tsp	ouais on a bien pompé là	Т	INT	DM	
EQ1	MDC	tsp	on a bien pompé là	Т	INT	DM	
EQ1	TSP	aux	auxiliaire 2 de central				PHAT
EQ1	MDC	tsp	on est bien léger	Т	INT	POI	
EQ1	MDC	bar	fais gaffe on est bien léger	Т	INT	POI	
EQ1	AUX	tsp	oui				PHAT
EQ1	TSP	aux	combien vous avez au niveau du compteur ?	R	INF	DM	
EQ1	AUX	tsp	attends je regarde	R	EX-ACT	DM	
EQ1	AUX	tsp	ouais le problème j'ai essayé de prendre ça a pompé 100 LITRES	R	INF	DM	
EQ1	AUX	tsp	après j'ai le compteur il y a plus de piles faut que je change les piles	R	IDENT	DM	
EQ1	MDC	tsp	ho putain il ne marche pas	Т	IDENT	DM	
EQ1	MDC	tsp	c'est bon laisse tomber	Т	ACT	DM	
EQ1	TSP	aux	reçu	С	IDENT	DM	
EQ1	TSP	mdc	donc on a pompé a peu près une minute	R	IDENT	DM	
EQ1	MDC	tsp	bien	С	IDENT	DM	
EQ1	BAR	mdc	16m	R	INF	IM	
EQ1	MDC	cdt	on est à 16m	T	INF	IM	
EQ1	MDC	cdt	on a une vitesse loch de 4 nœuds	Т	INF	VIT	
EQ1	MDC	cdt	réglé moteur avant 0	Т	INF	VIT	
EQ1	TSP	рср	PCP de central				PHAT
EQ1	TSP	рср	PCP de central				PHAT

EQ1	ocq	mdc	16 mètres les gars	R	BUT	IM	
EQ1	ocq	mdc	c'est pas 16 mètres 70	R	EVAL	IM	
EQ1	BAR	mdc	reçu	С	EVAL	IM	
EQ1	TSP	рср	PCP de central				PHAT
EQ1	MDC	bar	tu remontes là ?	D	IDENT	IM	
EQ1	MDC	bar	tu remontes normalement ouais	Т	IDENT	IM	
EQ1	BAR	mdc	ouais on remonte tout doucement ouais	R	IDENT	IM	
EQ1	MDC	bar	bah c'est normal t'es à 3 nœuds 7	Т	INT	IM	
EQ1	BAR	mdc	et du coup les auxiliaires ont réussi à pomper ou pas ?	RD	IDENT	DM	
EQ1	MDC	bar	ouais ouais on peut pomper c'est juste qu'il faut compter le	Т	INT	DM	
EQ1	TSP	рср	ouais ouais c'est la pompe ///	R	IDENT	DM	
EQ1	MDC	bar	tu remontes là ?	D	IDENT	IM	
EQ1	MDC	bar	ouais tu remontes tranquillement	Т	IDENT	IM	
EQ1	BAR	mdc	je remonte tout doucement j'ai la barre tout à monter donc	R	IDENT	IM	
EQ1	MDC	bar	bah attends je vais te pomper	T	PLAN	DM	
EQ1	MDC	tsp	après tu pompes 500 litres	T	PLAN	DM	
EQ1	MDC	tsp	c'est bon tu pompes 500 litres	Т	ACT	DM	
EQ1	TSP	mdc	ok reçu	С	ACT	DM	
EQ1	TSP	mdc	je pompe	R	EX-ACT	DM	
EQ1	TSP	mdc	DM c'est combien déjà le débit ?	RD	CG	DM	
EQ1	MDC	tsp	on va pomper 500 litres	Т	PLAN	DM	
EQ1	TSP	mdc	je ne me souviens plus	R	CG	DM	
EQ1	TSP	mdc	20 m3 heure non ?	RD	CG	DM	
EQ1	MDC	tsp	c'est 20 mètre cube heure	Т	CG	DM	
EQ1	TSP	mdc	donc en minutes ça nous ferait	R	EVAL	DM	
EQ1	MDC	tsp	mouais	С	EVAL	DM	
EQ1	MDC	tsp	la t'as la calculette	Т	PLAN	DM	
EQ1	TSP	mdc	comment elle s'ouvre déjà cette calculette ?	RD	PLAN	DM	
EQ1	MDC	tsp	nan c'est ça	Т	PLAN	DM	
EQ1	MDC	tsp	60	Т	EVAL	DM	
EQ1	MDC	tsp	30 secondes	Т	EVAL	DM	
EQ1	TSP	mdc	donc on va démarrer la pompe DM environ 30 secondes	R	PLAN	DM	
EQ1	MDC	tsp	vas-y	T	ACT	DM	

EQ1	TSP	рср	PCP auxiliaire 2				PHAT
EQ1	PCP	tsp	oui				PHAT
EQ1	TSP	рср	on va démarrer la pompe DM	R	EX-ACT	DM	
EQ1	PCP	tsp	c'est pris	С	EX-ACT	DM	
EQ1	MDC	tsp	c'est tout t'as que ça ?	D	IDENT	DM	
EQ1	TSP	aux	auxiliaire 2 est-ce que compteur DM a été réparé ?	R	IDENT	DM	
EQ1	AUX	tsp	négatif	R	IDENT	DM	
EQ1	TSP	aux	reçu de central	С	IDENT	DM	
EQ1	TSP	mdc	début de pompage	R	EX-ACT	DM	
EQ1	BAR	mdc	16 mètre 9 maître de central	R	INF	IM	
EQ1	BAR	mdc	ça commence à descendre on va plus pouvoir	R	INT	IM	
EQ1	MDC	bar	ouais	С	INT	IM	
EQ1	MDC	bar	attends on est entrain de pomper	Т	IDENT	DM	
EQ1	BAR	mdc	ouais	С	IDENT	DM	
EQ1	BAR	mdc	17 mètres	R	INF	IM	
EQ1	MDC	ocq	17 mètres	Т	INF	IM	
EQ1	MDC	ocq	vitesse loch 3 nœuds	Т	INF	VIT	
EQ1	BAR	mdc	j'ai une VA nulle mais on descend très légèrement	R	IDENT	IM	
EQ1	MDC	bar	vas-y continue encore	Т	PLAN	IM	
EQ1	ocq	mdc	moteur avant 2	R	ACT	VIT	
EQ1	MDC	ocq	reçu moteur avant 2	Т	ACT	VIT	
EQ1	BAR	рср	PCP de poste de pilotage				PHAT
EQ1	BAR	рср	moteur avant 2	R	EX-ACT	VIT	
EQ1	PCP	tsp	reçu de PCP	С	EX-ACT	VIT	
EQ1	ocq	mdc	allez capitaine on réduit avant 0 de suite	R	ACT	VIT	
EQ1	MDC	ocq	oui	С	ACT	VIT	
EQ1	TSP	mdc	on tiendra bon à 30 secondes ?	RD	PLAN	DM	
EQ1	MDC	tsp	continue encore	Т	PLAN	DM	
EQ1	BAR	mdc	17m3	R	INF	IM	
EQ1	TSP	mdc	on est à 30 secondes	R	IDENT	DM	
EQ1	AUX	tsp	central auxiliaire 2				PHAT
EQ1	TSP	aux	central écoute				PHAT
EQ1	AUX	tsp	oui pour les niveaux au niveau de DM je te propose éventuellement de faire un chrono pour les niveaux	R	PLAN	DM	
EQ1	BAR	mdc	17 mètres 5	R	INF	IM	

EQ1	MDC	bar	c'est bon continue encore	Т	PLAN	IM	
EQ1	BAR	mdc	17 mètres 6	R	INF	IM	
EQ1	BAR	mdc	on continue à descendre	R	IDENT	IM	
EQ1	TSP	aux	reçu	С	PLAN	DM	
EQ1	MDC	ocq	bien il a toujours tendance à descendre	Т	IDENT	IM	
EQ1	TSP	aux	c'est ce qu'on est en train de faire au central	R	EX-ACT	DM	
EQ1	MDC	ocq	vitesse loch 3 nœuds 6	Т	INF	VIT	
EQ1	AUX	tsp	reçu	С	EX-ACT	DM	
EQ1	TSP	aux	merci pour la proposition				EXP
EQ1	TSP	mdc	50 secondes	R	IDENT	DM	
EQ1	BAR	mdc	on a une VA qui est passée positive	R	IDENT	IM	
EQ1	MDC	bar	reçu	С	IDENT	IM	
EQ1	MDC	tsp	quoi ?				PHAT
EQ1	MDC	tsp	vas-y	Т	ACT	DM	
EQ1	MDC	ocq	donc la VA passe positive	Т	IDENT	IM	
EQ1	OCQ	mdc	on peut réduire maitre de central	R	BUT	VIT	
EQ1	TSP	mdc	on tient bon ?	RD	PLAN	DM	
EQ1	MDC	tsp	et tu tiens bon	Т	ACT	DM	
EQ1	MDC	tsp	voilà ouais	С	ACT	DM	
EQ1	MDC	ocq	donc là on peut réduire	T	BUT	VIT	
EQ1	OCQ	mdc	ouais faut arrêter de descendre je suis au ras de l'eau les gars	R	IDENT	IM	
EQ1	MDC	ocq	ouais on est à 17 mètres 50	Т	INF	IM	
EQ1	TSP	mdc	on a pompé environ 50 secondes	R	IDENT	DM	
EQ1	MDC	ocq	vitesse loch 4 nœuds 5	Т	INF	VIT	
EQ1	BAR	mdc	on remonte	R	IDENT	IM	
EQ1	MDC	ocq	on remonte	Т	IDENT	IM	
EQ1	MDC	ocq	17 mètres 40	Т	INF	IM	
EQ1	OCQ	mdc	moteur avant 0	R	ACT	VIT	
EQ1	MDC	ocq	reçu moteur avant 0	Т	ACT	VIT	
EQ1	BAR	mdc	moteur avant 0	R	EX-ACT	VIT	
EQ1	BAR	рср	PCP de poste de pilotage moteur avant 0	R	EX-ACT	VIT	
EQ1	PCP	tsp	reçu PCP moteur avant 0	С	EX-ACT	VIT	
EQ1	BAR	mdc	17 mètres on remonte	R	IDENT	IM	
EQ1	MDC	bar	bien	С	IDENT	IM	
EQ1	MDC	ocq	bien 16 mètres	Т	INF	IM	
EQ1	OCQ	cdt	ouais	С	INF	IM	

EQ1	AUX	tsp	oui pour moi au niveau des auxiliaires 2 j'ai fait un relevé DM	R	INF-ACT	DM	
EQ1	TSP	aux	y a une augmentation là	R	IDENT	DM	
EQ1	AUX	tsp	j'ai le régleur bâbord à 5 tonnes 7 tribord 8 tonnes	R	INF	DM	
EQ1	MDC	tsp	bien tu pompes	Т	ACT	DM	
EQ1	AUX	tsp	8 tonnes 100	R	INF	DM	
EQ1	MDC	tsp	tu pompes	Т	ACT	DM	
EQ1	MDC	tsp	c'est bon on est encore dans les normes	Т	INT	DM	
EQ1	TSP	mdc	8 tonnes 100	R	INF	DM	
EQ1	AUX	tsp	pardon bâbord 8 tonnes 100 tribord 5 tonnes 7	R	INF	DM	
EQ1	TSP	mdc	8.1 et 5	R	INF	DM	
EQ1	MDC	tsp	tu pomperas de bâbord d'accord	Т	PLAN	DM	
EQ1	TSP	aux	reçu de central	С	INF	DM	
EQ1	MDC	tsp	bien	С	PLAN	DM	
EQ1	MDC	tsp	tu pomperas à bâbord si tu dois pomper d'accord	Т	PLAN	DM	
EQ1	TSP	mdc	ouais ouais sur babord parce qu'on est un peu haut sur les	R	EVAL	DM	
EQ1	MDC	tsp	bien	С	EVAL	DM	
EQ1	MDC	bar	toi t'es callé à 16 mètres c'est bon ?	D	IDENT	IM	
EQ1	BAR	mdc	16 mètres	R	INF	IM	
EQ1	MDC	bar	bon bien	С	INF	IM	
EQ1	BAR	mdc	16m8	R	INF	IM	
EQ1	BAR	mdc	17 m patron	R	INF	IM	
EQ1	MDC	cdt	bien	С	INF	IM	
EQ1	MDC	bar	reçu 17 mètres	С	INF	IM	
EQ1	MDC	bar	tu veux qu'on pompe ?	D	PLAN	DM	
EQ1	MDC	ocq	chef de quart on est à 17 mètres	Т	INF	IM	
EQ1	BAR	mdc	on peut re-pomper encore	R	PLAN	DM	
EQ1	MDC	tsp	tu pompes encore 500 litres encore	Т	ACT	DM	
EQ1	TSP	mdc	ok reçu	С	ACT	DM	
EQ1	TSP	рср	PCP auxiliaire 2 on démarre la pompe DM	R	EX-ACT	DM	
EQ1	BAR	mdc	17 mètres 1	R	INF	IM	
EQ1	BAR	mdc	j'ai la barre de plongée avant tout à monter	R	INF	IM	
EQ1	PCP	tsp	bien pris de PCP	С	EX-ACT	DM	
EQ1	OCQ	mdc	ok moteur avant 2	R	ACT	VIT	

EQ1	AUX	tsp	reçu d'auxiliaire 2	С	EX-ACT	DM	
EQ1	ocq	mdc	moteur avant 2	R	ACT	VIT	
EQ1	MDC	ocq	reçu moteur avant 2	Т	ACT	VIT	
EQ1	BAR	mdc	reçu moteur avant 2	R	EX-ACT	VIT	
EQ1	TSP	рср	PCP de poste de pilotage moteur avant 2	R	EX-ACT	VIT	
EQ1	BAR	mdc	17 mètres 4	R	INF	IM	
EQ1	BAR	mdc	on descend toujours	R	IDENT	IM	
EQ1	BAR	mdc	je conserve une assiette positive	R	IDENT	IM	
EQ1	TSP	mdc	on pompera 10 secondes hein	RD	PLAN	DM	
EQ1	TSP	mdc	15 secondes	R	INF	DM	
EQ1	TSP	bar	barreur t'es comment ?	R	INT	POI	
EQ1	MDC	lui-même	bien	С	PLAN	DM	
EQ1	MDC	tsp	là il est un peu lourd	Т	INT	POI	
EQ1	BAR	mdc	17 mètres 7	R	INF	IM	
EQ1	BAR	mdc	on descend toujours	R	IDENT	IM	
EQ1	MDC	ocq	on est à 17 mètres 7	Т	INF	IM	
EQ1	MDC	ocq	la VA s'inverse	Т	IDENT	IM	
EQ1	MDC	ocq	17 mètres 70	Т	INF	IM	
EQ1	MDC	ocq	17 mètres 80	Т	INF	IM	
EQ1	MDC	ocq	vitesse loch 3 nœuds 5	Т	INF	VIT	
EQ1	TSP	mdc	25	R	INF	DM	
EQ1	MDC	bar	normalement tu dois monter	Т	INT	IM	
EQ1	MDC	bar	j'ai une VA stable à 0	Т	IDENT	IM	
EQ1	MDC	bar	mais tu ne montes pas en fait	Т	IDENT	IM	
EQ1	BAR	mdc	18 mètres	R	INF	IM	
EQ1	TSP	mdc	on est à 35 secondes pompés	R	INF	DM	
EQ1	MDC	tsp	bien	С	INF	DM	
EQ1	MDC	ocq	vitesse loch 4 nœuds	Т	INF	VIT	
EQ1	BAR	mdc	la VA est passée positive	R	IDENT	IM	
EQ1	MDC	bar	bien	С	IDENT	IM	

GLOSSAIRE

SNA: Sous-marin Nucléaire d'Attaque

SNLE: Sous-marin Nucléaire Lanceur d'Engins

CDT: Commandant

PCNO: Poste Central Navigation Opération

CO: Central Opération

ORSP : Officier de Renfort Sécurité-Plongée

MDC : Maître de Central

MDC-R : Maître de Central de Renfort

TSP: Opérateur du Tableau Sécurité-Plongée

TSP-R : Opérateur du Tableau Sécurité-Plongée de Renfort

BAR : Barreur

BAR-R : Barreur de Renfort

SOND : Sondeur

IP: Immersion Périscopique

SP : Sécurité-Plongée

PCP : Poste Central de Propulsion

AUX: Auxiliaire

ÉCOLE DOCTORALE Sciences du sport, de la motricité et du mouvement humain (SSMMH)

Title : The role of team leader's communication in collective SA development in a dynamic and risky environment: The case of the Diving Officer Of the Watch in nuclear-powered attack submarines (SSN)

Keywords : Collective Situation Awareness – Command and Control – Nuclear Submarine

Team leader – Cognitive ergonomics – Human factors

Abstract : This thesis is part of a research project conducted by the French Institut de Recherche Biomédicale des Armées (Armed Forces Biomedical Research Institute). The project aims to respond to a request made by the Admiral Commander of the Oceanic and Strategic Forces following several incidents in which a failure to transmit information within the SSN's Diving Safety team was identified as a causal factor.

The Diving Safety team, which is located in the Operation Navigation and Department, responsible for the driving and maintenance of the submarine's technical safety. This team works closely with other teams, mainly through verbal communication (face-to-face and remote). An initial analysis of their activities identified the team leader as a key element in the transmission of information between the command post and the members of the Diving Safety team, as this person has direct control of the process. The latter requires developing situation awareness (SA) that meets the objectives set by the command post and the constraints faced by his teammates. The research program described in this thesis focuses on the role of the team leader on mechanisms for developing collective SA when managing a dynamic and risky situation.

Our observations were made with 15 teams of 6 submariners, during simulation exercises that are part of their assessed training that is held prior to mission departure. These situations are highly time-constrained and are punctuated by several problem-solving phases. The method that we implemented to study the development of collective SA is based on the characterization of verbal interactions.

We argue that collective SA emerges from the information shared within the team. Since the team leader is central in this network, the characterization of the information he exchanges with his teammates makes it possible to report on the dynamics of the development of the collective SA

The first part of the thesis consists in the analysis of activity during an interesting episode from the point of view of developing SA, with alternating driving and problem-solving phases. This study allowed us to identify the dynamics of the tasks performed, and to establish two performance criteria, one for driving and one for problem solving. The second part aims to characterize communication flows based on a method derived from the social networks analysis. The objective is to study the impact of operators' experience on the structure of verbal communication, on the one hand, and the links between the network structure and performance (driving and problem solving), on the other. The third part aims to identify in verbal communication the cognitive processes and objects involved in developing collective SA. The objective is to analyze the impact of operators' experience on the content of communication, on the one hand, and the links between the content of verbal communication and performance on the other.

The originality of this thesis lies, in part, in this articulation of methods for analyzing the structure and content of verbal communication, in close connection with the activity, in order to understand how collective SA develops in a dynamic and risky situation.

ÉCOLE DOCTORALE Sciences du sport, de la motricité et du mouvement humain (SSMMH)

Titre : Le rôle de la communication d'un chef d'équipe dans l'élaboration collective de la conscience de la situation : Le cas du Maître de Central dans l'équipe Sécurité-Plongée des Sous-marins Nucléaires d'Attaque

Mots clés : Conscience collective de la situation - Système complexe à risques - Sous-marin nucléaire Chef d'équipe - Ergonomie cognitive - Facteurs humains

Résumé : La thèse s'inscrit dans un projet de recherche mené par l'Institut de Recherche Biomédicale des Armées (IRBA). Ce projet vise à répondre à une demande formulée par l'Amiral Commandant des Forces Océaniques et Stratégiques suite à plusieurs incidents dans lesquels un défaut de transmission des informations au sein de l'équipe Sécurité-Plongée des Sous-marins Nucléaires d'Attaque a été identifié comme un facteur causal.

L'équipe Sécurité-Plongée, située dans le Poste Central Navigation Opérations, est en charge de la conduite et du maintien de la sécurité du sous-marin. Cette équipe travaille en coopération étroite avec d'autres équipes, principalement par l'intermédiaire de la communication verbale (en présentiel et à distance). Une première analyse de l'activité a permis d'identifier le chef d'équipe comme un élément central dans la transmission des informations entre le commandement et les membres de l'équipe Sécurité-Plongée, en charge du contrôle direct du processus. Pour cela, il lui est nécessaire d'élaborer une conscience de la situation adaptée aux objectifs du commandement et aux contraintes auxquelles sont confrontés ses coéquipiers. La recherche de thèse porte sur les mécanismes d'élaboration collective de la conscience de la situation lors de la gestion d'une situation dynamique et à risques.

Nos observations ont été réalisées auprès de 15 équipes de 6 sous-mariniers, lors de situations de simulation qui s'intègrent dans leur entraînement évalué et préalable à un départ en mission. Ces situations sont fortement contraintes temporellement et sont ponctuées de plusieurs phases de résolution de problèmes. La méthode que nous avons mise en œuvre de façon à étudier l'élaboration collective de la conscience de la situation se base sur la caractérisation des interactions verbales de l'équipe Sécurité-Plongée.

La thèse défendue est que la conscience collective de la situation émerge à partir des informations partagées au sein de l'équipe. Le chef d'équipe occupant une place centrale dans ce réseau, la caractérisation des informations qu'il échange avec ses coéquipiers permet de rendre compte de la dynamique de l'élaboration collective de la conscience de la situation de l'équipe.

La première étude de la thèse consiste en l'analyse de l'activité lors d'un épisode intéressant du point de vue de l'élaboration de la conscience de la situation, avec l'alternance de phases de conduite et de résolution de problèmes. Cette étude nous a permis d'identifier la dynamique des tâches réalisées et d'établir deux critères de performance, un pour la conduite et un pour la résolution de problèmes. La seconde étude vise à caractériser les flux de communication en s'appuyant notamment sur une méthode issue de l'analyse des réseaux sociaux. L'objectif est d'étudier d'une part l'impact de l'expérience des opérateurs sur la structure de la communication verbale, et d'autre part les liens entre la structure du réseau et la performance (de conduite et de résolution de problème). La troisième étude vise à identifier les processus cognitifs et les objets mobilisés dans la communication verbale. L'objectif est d'analyser l'impact de l'expérience des opérateurs sur le contenu des communications verbales d'une part, et les liens entre le contenu des communications verbales et la performance d'autre part.

L'originalité de la thèse réside en partie dans cette articulation de méthodes d'analyse de la structure et du contenu de la communication verbale, en lien étroit avec l'activité, de façon à comprendre comme s'élabore la conscience de la situation d'un individu central dans un collectif en situation dynamique et à risques.