



**HAL**  
open science

# Sociomatérialité et Systèmes d'Information Le cas de la numérisation de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre

Philippe Lépinard

► **To cite this version:**

Philippe Lépinard. Sociomatérialité et Systèmes d'Information Le cas de la numérisation de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre. Gestion et management. Université de Nice Sophia Antipolis, 2012. Français. NNT: . tel-01214220

**HAL Id: tel-01214220**

**<https://hal.science/tel-01214220v1>**

Submitted on 10 Oct 2015

**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.

# UNIVERSITÉ DE NICE SOPHIA ANTIPOLIS

Institut d'Administration des Entreprises

École Doctorale Droit et Sciences Politiques, Économiques et de Gestion (ED 513 DESPEG)

Groupe de Recherche en Droit, Économie et Gestion (UMR UNS - CNRS 7321 GREDEG)

*Human Wings - Centre of Excellence in Human Factors (HW - CEHF)*

## **Sociomatérialité et Systèmes d'Information**

### **Le cas de la numérisation de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre**

#### **Tome 1**

**Thèse pour l'obtention du titre de Docteur ès Sciences de Gestion**

Présentée et soutenue publiquement le 14 décembre 2012 par

**M. Philippe Lépinard**

#### **Composition du jury :**

**Directeur de thèse** **M. Ivan Pastorelli**

Maître de conférences HDR à l'Université de Nice Sophia Antipolis

**Rapporteurs** **M. Jean-Fabrice Lebraty**

Professeur des Universités à l'Université Jean Moulin Lyon III

**M. Marc Bidan**

Professeur des Universités à l'Université de Nantes

**Suffragants** **M. Laurent Chaudron**

Directeur (HDR) de l'ONERA de Salon-de-Provence

**M. Didier Danet**

Maître de conférences HDR à l'École Spéciale Militaire de Saint-Cyr

**Général de Division (2S) Patrick Tanguy**

Commandant l'Aviation Légère de l'Armée de Terre de 2008 à 2010

**Général de Brigade Olivier Gourlez de La Motte**

Commandant l'Aviation Légère de l'Armée de Terre

**L'université et l'armée française n'entendent donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans cette thèse. Ces positions doivent être considérées comme propres à leur auteur.**



*Cette thèse est imprimée en couleurs pour des raisons de visibilité des cartes géographiques et des photographies.*

# Remerciements

Au terme de ces trois années passionnantes de doctorat, je souhaite profiter de ces quelques lignes pour remercier tous ceux qui ont contribué directement à l'aboutissement de ce travail.

En premier lieu, je voudrais tout naturellement remercier M. Ivan Pastorelli, mon directeur de thèse, pour sa disponibilité sans faille (même à l'antéméridien de Greenwich), sa bonne humeur permanente et, surtout, sa patience face à mes interrogations concernant autant le thème de cette recherche que le monde de la recherche académique lui-même. À ce titre, merci à l'ensemble de l'équipe RODIGE de l'UMR UNS-CNRS 7321 GREDEG de m'avoir accueilli : principalement M. Jean-Fabrice Lebraty à l'origine de tout grâce à son article sur le Système d'Information Régimentaire, Mme Catherine Thomas pour ses cours endiablés d'épistémologie et Mme Évelyne Rouby pour ses précieux conseils lors des derniers mois. Un remerciement spécial pour Mme Yvonne Giordano qui m'a aidé, souvent dans l'ombre, sur les aspects méthodologiques et théoriques.

Je tiens ensuite à témoigner toute ma reconnaissance envers mes chefs militaires et plus particulièrement le Général de Division (2S) Patrick Tanguy, le Général de Brigade Olivier Gourlez de la Motte, le Colonel Bernard de Guillebon, le colonel Patrick Bouvet, le Colonel Hubert Doutaud, le Lieutenant-Colonel Éric Merck et le Lieutenant-Colonel Alain Bulcke qui m'ont soutenu et encouragé successivement tout au long de ce projet. Je n'oublie pas l'ensemble de mes camarades, chefs et subordonnés, du centre de simulation de la Base École Général Lejay ainsi que les rencontres constructives avec le Centre de Recherche de l'Armée de l'Air (CReA) de l'École de l'Air de Salon-de-Provence. Un remerciement particulier à Mme Cécile Godé (CReA) qui m'a orienté sur certains concepts théoriques à la base de cette thèse, au Colonel Richard Stark de l'armée américaine qui a pris le temps de m'expliquer longuement et en détail les méthodologies de Retour d'Expérience du *Center for Army Lessons Learned* (CALL) et à M. Pierre-Henri Bersani de la Direction Générale de l'Armement (DGA) qui m'a aidé à reconstruire le puzzle de la Numérisation de l'Espace de Bataille française.

Je souhaite ensuite rendre hommage au Colonel Stéphane Faudais, docteur en histoire, pour ses conseils avisés sur la fin de thèse, au colonel Stéphane Richou, au Lieutenant-

Colonel Xavier Bouttin et au Lieutenant-Colonel James Dias pour leurs remarques concernant les aspects de doctrine militaire de ce travail. Je remercie aussi le Lieutenant-Colonel François Denys de Bonnaventure du Groupement Aéromobile des Services Techniques de l'Armée de Terre (GAMSTAT) et M. Philippe Canteneur de la DGA qui m'ont accepté dès le début dans l'Équipe De Programme Intégrée MPME.

Je remercie également les organisateurs et chercheurs de la session de juin 2010 du Cercle Doctoral Européen de Gestion (CDEG). Cet évènement, intervenu certainement un peu trop tôt dans ma thèse, m'a toutefois permis de m'immerger pour la première fois dans un contexte académique de recherche en Sciences de Gestion de haut niveau et de bénéficier d'échanges uniques avec M. Albert David, M. Marc Bidan et Mme Laurence Saglietto.

Enfin, je remercie mon épouse, Magali, et mes deux filles, Lucie et Oriane, pour leur soutien silencieux lors des sorties familiales annulées... Cette thèse leur est évidemment dédiée.

*À Magali, Lucie et Oriane.*

# Sommaire

|   |            |
|---|------------|
| <b>Sommaire .....</b>   | <b>6</b>   |
| <b>Liste des figures .....</b>  | <b>8</b>   |
| <b>Liste des tableaux .....</b>   | <b>11</b>  |
| <b>Liste des encadrés .....</b>   | <b>12</b>  |
| <b>Introduction .....</b>   | <b>14</b>  |
| <b>1<sup>ère</sup> partie</b>   |            |
| <b>Légitimité d'une recherche en Systèmes d'Information .....</b>                   | <b>19</b>  |
| Chapitre 1 La recherche en Systèmes d'Information .....                             | 22         |
| Chapitre 2 Design général de la recherche .....                                     | 36         |
| Chapitre 3 L'Aviation Légère de l'Armée de Terre, une Arme en mutation .....        | 49         |
| <b>2<sup>ème</sup> partie</b>   |            |
| <b>Les opérations réseau-centrées : nouvelle théorie de la guerre .....</b>         | <b>88</b>  |
| Chapitre 4 La guerre en réseau ou la céleustique du XXI <sup>ème</sup> siècle ..... | 91         |
| Chapitre 5 La NumALAT ou la numérisation de l'aérocombat .....                      | 142        |
| Chapitre 6 Du prescrit au réel, le cas du MPME .....                                | 165        |
| <b>3<sup>ème</sup> partie</b>   |            |
| <b>La sociomatérialité comme cadre d'analyse des usages émergents .....</b>         | <b>182</b> |
| Chapitre 7 Du nécessaire dépassement du concept d'appropriation .....               | 185        |
| Chapitre 8 Résultats de la recherche .....  | 205        |
| Chapitre 9 Limites et perspectives .....  | 253        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Conclusion</b> .....                             | <b>271</b> |
| <b>Table des matières</b> .....                     | <b>274</b> |
| <b>Bibliographie</b> .....                          | <b>281</b> |
| <b>Annexes</b> .....                                | <b>318</b> |
| Annexe 1 Glossaire des notions importantes.....     | 319        |
| Annexe 2 Modélisation d'une mission ALAT .....      | 321        |
| Annexe 3 Cadre chronologique de la recherche .....  | 323        |
| Annexe 4 Acronymes et sigles .....                  | 324        |
| Annexe 5 Expérimentations NumALAT EDITH .....       | 330        |
| Annexe 6 Tableau des réponses aux entretiens .....  | 333        |
| Annexe 7 NCW : its origins and future .....         | 334        |
| Annexe 8 Système de simulation EDITH V3.....        | 346        |
| Annexe 9 Autorisation d'inscription en thèse .....  | 348        |
| Annexe 10 Certificat de qualification FNPT III..... | 349        |

# Liste des figures

|   |     |
|---|-----|
| Figure 1. Les trois tensions de la recherche en SI. ....                              | 34  |
| Figure 2. L'ontologie stratifiée du Réalisme Critique. ....                           | 46  |
| Figure 3. Insigne de brevet métallique ALAT (ISPN). ....                              | 54  |
| Figure 4. <i>Part Task Trainer « enhanced »</i> NH 90 Caïman. ....                    | 62  |
| Figure 5. Simulateur Gazelle FNPT 3. ....   | 70  |
| Figure 6. Organigramme du centre de simulation en 2012. ....                          | 71  |
| Figure 7. 1 <sup>er</sup> niveau de modélisation d'une mission ALAT. ....             | 73  |
| Figure 8. Plan de vol ou Log de Navigation. ....                                      | 80  |
| Figure 9. La guerre à l'âge de l'information (OFT, 2005). ....                        | 97  |
| Figure 10. Exemple d'une partie d'une CP. ....  | 101 |
| Figure 11. Les 7 architectures possibles du NCW (Dekker, 2008). ....                  | 104 |
| Figure 12. Le continuum des opérations (CDEF, 2007a). ....                            | 105 |
| Figure 13. Les 5 principes du NCW. ....   | 118 |
| Figure 14. Synthèse des concepts NEB. ....  | 125 |
| Figure 15. La NEB « messagerie » (image SIRPA Terre). ....                            | 131 |
| Figure 16. Architecture schématisée de la NEB « messagerie ». ....                    | 131 |
| Figure 17. NEB et périmètre du programme SCORPION (image SIRPA Terre). ....           | 133 |
| Figure 18. Architecture schématisée de l'infovalorisation. ....                       | 138 |
| Figure 19. La NEB « messagerie » et l'infovalorisation, adapté de Blaker (2007). .... | 139 |
| Figure 20. Architecture schématisée de la NumALAT. ....                               | 144 |

|  |     |
|--|-----|
| Figure 21. Exemple d’affichage 2D + 3D (SITALAT).....                                  | 146 |
| Figure 22. Navigation vers le VOR OJC (Simulateur GPS Garmin 400W). ....               | 147 |
| Figure 23. Station vol EURONAV III.....  | 149 |
| Figure 24. Le SITALAT à bord d’un hélicoptère SA 342 M1 Gazelle VIVIANE. ....          | 151 |
| Figure 25. CONT-UNITs du SITALAT VIVIANE (1), Mistral (2) et Cougar (3). ....          | 151 |
| Figure 26. Les trois types de multiplexage.....  | 153 |
| Figure 27. Intervisibilité volumétrique sous VirtualGeo.....                           | 155 |
| Figure 28. Vision JVN sous VirtualGeo.....   | 155 |
| Figure 29. Positionnement du MPME selon le modèle de Desanctis et Gallupe (1987). .... | 158 |
| Figure 30. <i>Technology Readiness Levels</i> (image NASA). ....                       | 159 |
| Figure 31. Le MPME d’infrastructure de la BEGL.....                                    | 159 |
| Figure 32. <i>Technology Acceptance Model 3</i> (Venkatesh & Bala, 2008). ....         | 169 |
| Figure 33. Différence de temps de communication.....                                   | 172 |
| Figure 34. Seconde version du modèle de succès du SI (Delone & McLean, 2003). ....     | 172 |
| Figure 35. Baisse de l’utilisation du MPME de 2009 à 2011 (-16%). ....                 | 174 |
| Figure 36. % de stagiaires utilisant des dispositifs en complément du MPME. ....       | 174 |
| Figure 37. Historique de la Numérisation des Forces Terrestres. ....                   | 178 |
| Figure 38. Schéma résumant l’approche ethnotechnologique.....                          | 203 |
| Figure 39. Usage d’outils non officiels (reconstitution).....                          | 209 |
| Figure 40. Les mécanismes de coordination sans et avec le MPME.....                    | 211 |
| Figure 41. Problématique de perte de leadership (reconstitution).....                  | 212 |
| Figure 42. Utilisation du MPME pour la PM simulée (reconstitution). ....               | 214 |
| Figure 43. Utilisation d’une base de données non dédiée à la PM (reconstitution). .... | 216 |

|  |     |
|--|-----|
| Figure 44. Modèle-cadre des migrations des pratiques (Amalberti, 2002). .....  | 233 |
| Figure 45. Résultats graphiques (autocensure). .....                           | 235 |
| Figure 46. Résultats graphiques (inactivation des canaux d'information). ..... | 236 |
| Figure 47. Résultats graphiques (synthèse). .....                              | 237 |
| Figure 48. Première version du modèle d'apprentissage du CALL. ....            | 238 |
| Figure 49. Le processus de <i>Lessons Learned</i> de l'armée américaine. ....  | 240 |
| Figure 50. Modélisation BPMN 2 du modèle LL de l'armée américaine. ....        | 240 |
| Figure 51. Modèle RETEX de l'OTAN. ....  | 243 |
| Figure 52. Logiciel OCP (OTAN). .....  | 246 |
| Figure 53. « Distance organisationnelle » opérationnels / développeurs. ....   | 259 |
| Figure 54. NEB : une dépendance technologique « hérétique » ? .....            | 261 |
| Figure 55. 1 <sup>er</sup> niveau de modélisation d'une mission ALAT. ....     | 321 |
| Figure 56. 2 <sup>ème</sup> niveau de modélisation d'une mission ALAT. ....    | 321 |
| Figure 57. 3 <sup>ème</sup> niveau de modélisation d'une mission ALAT. ....    | 322 |
| Figure 58. Cadre chronologique de la recherche et historique de la NEB. ....   | 323 |
| Figure 59. Trajectoires de la patrouille A (numérisée). .....                  | 330 |
| Figure 60. Trajectoires de la patrouille B (non numérisée). .....              | 331 |
| Figure 61. Trajectoires de la patrouille C (numérisée). .....                  | 331 |
| Figure 62. Trajectoires de la patrouille D (non numérisée). .....              | 332 |
| Figure 63. Les 6 postes configurables en mode tandem ou côte à côte. ....      | 347 |
| Figure 64. La salle du système de simulation distribuée EDITH. ....            | 347 |

# Liste des tableaux

|  |     |
|--|-----|
| Tableau 1. Structure générale de la thèse. ....                                  | 18  |
| Tableau 2. Structure de la 1 <sup>ère</sup> partie de la thèse.....              | 21  |
| Tableau 3. Différences de niveaux décisionnels militaires et managériaux.....    | 56  |
| Tableau 4. Structure de la 2 <sup>ème</sup> partie de la thèse.....              | 90  |
| Tableau 5. Niveaux d'interopérabilité (NCW et NNEC). ....                        | 115 |
| Tableau 6. Différence d'objectifs entre le DCC et TACTIC.....                    | 134 |
| Tableau 7. Résultats des expérimentations sur simulateurs (communications). .... | 171 |
| Tableau 8. Résultats des expérimentations sur simulateurs (tirs).....            | 171 |
| Tableau 9. Résultats des expérimentations sur simulateurs (autres données). .... | 171 |
| Tableau 10. Structure de la 3 <sup>ème</sup> partie de la thèse.....             | 184 |
| Tableau 11. Les approches de la technologie selon Orlikowski. ....               | 197 |
| Tableau 12. L'approche technocentrée.....  | 198 |
| Tableau 13. L'approche sociotechnique. ....                                      | 200 |
| Tableau 14. L'approche sociomatérielle. ....                                     | 201 |
| Tableau 15. Synthèse des trois approches de la technologie.....                  | 201 |
| Tableau 16. Synthèse des analyses des bricolages (1/2). ....                     | 218 |
| Tableau 17. Synthèse des analyses des bricolages (2/2). ....                     | 219 |
| Tableau 18. Niveaux d'analyse des bricolages.....                                | 224 |

# Liste des encadrés

Les encadrés détaillent certains concepts ou notions technologiques complexes. Leur lecture n'est pas indispensable. De plus, un encadré synthétise à chaque fin de chapitre et de partie les points clés essentiels mis en avant dans les différentes sections.

|   |     |
|---|-----|
| Encadré 1 Synthèse du chapitre 1 .....  | 35  |
| Encadré 2 Synthèse du chapitre 2 .....  | 47  |
| Encadré 3 L'École Franco-Allemande et le Centre de Formation InterArmées en chiffres .... | 52  |
| Encadré 4 Culture d'Arme.....   | 54  |
| Encadré 5 Le combat interarmes et le théâtre d'opérations.....                            | 57  |
| Encadré 6 Sud-Aviation, AéroSpatiale et Eurocopter .....                                  | 60  |
| Encadré 7 La numérisation selon le CICDE.....   | 63  |
| Encadré 8 Équipe De Programme Intégrée (EDPI).....  | 64  |
| Encadré 9 Exemples de convergence NEB – SIMU .....  | 66  |
| Encadré 10 Le recrutement des pilotes de l'ALAT .....                                     | 67  |
| Encadré 11 <i>Flight Simulation Training Device</i> .....                                 | 69  |
| Encadré 12 <i>Business Process Modeling Notation 2.0</i> .....                            | 72  |
| Encadré 13 Centrale inertielle .....  | 76  |
| Encadré 14 Synthèse du chapitre 3 .....   | 81  |
| Encadré 15 Synthèse de la 1 <sup>ère</sup> partie.....                                    | 84  |
| Encadré 16 <i>Revolution, Transformation et Effects Based Operations</i> .....            | 96  |
| Encadré 17 Temps réel, temps réflexe et temps réfléchi .....                              | 99  |
| Encadré 18 Les objets d'une <i>Common Picture</i> .....                                   | 102 |

|  |     |
|--|-----|
| Encadré 19 Continuum des opérations .....  | 105 |
| Encadré 20 La doctrine française .....   | 107 |
| Encadré 21 Cyberattaques .....   | 110 |
| Encadré 22 <i>Capability Set 2013</i> ou la numérisation de l' <i>US Army</i> .....    | 113 |
| Encadré 23 Autres exemples de processus de numérisation .....                          | 123 |
| Encadré 24 L'information géographique.....   | 129 |
| Encadré 25 Synthèse du chapitre 4.....   | 140 |
| Encadré 26 Les données aéronautiques civiles et militaires de la SITAC .....           | 147 |
| Encadré 27 TDMA et LDT H.....  | 152 |
| Encadré 28 <i>Combat proven</i> et <i>Technology Readiness Levels</i> .....            | 159 |
| Encadré 29 Intervisibilité et <i>Time On Target</i> .....                              | 160 |
| Encadré 30 Synthèse du chapitre 5.....   | 164 |
| Encadré 31 Synthèse du chapitre 6.....   | 175 |
| Encadré 32 Synthèse de la 2 <sup>ème</sup> partie .....                                | 179 |
| Encadré 33 Psychodynamique du travail.....   | 188 |
| Encadré 34 Deux notions intermédiaires : la techno-symbiose et l'ethnotechnologie..... | 202 |
| Encadré 35 Synthèse du chapitre 7 .....  | 204 |
| Encadré 36 Typologies d'usages-types .....   | 207 |
| Encadré 37 Une définition synthétique du RETEX.....                                    | 230 |
| Encadré 38 Synthèse du chapitre 8.....   | 250 |
| Encadré 39 Synthèse du chapitre 9.....   | 265 |
| Encadré 40 Synthèse de la 3 <sup>ème</sup> partie .....                                | 267 |

# Introduction

*« J'ai décidé d'engager la rédaction d'un nouveau Livre blanc sur la défense et la sécurité nationale. [...] Les changements majeurs qui sont intervenus dans notre environnement international et économique depuis la parution, en juin 2008, du précédent ouvrage rendent nécessaire un tel exercice ».*

*M. François Hollande, Président de la République Française, le 13 juillet 2012.*

---

Le Président de la République Française M. François Hollande, avec le soutien de son Premier ministre M. Jean-Marc Ayrault, a décidé le 13 juillet 2012 de débiter la rédaction d'un nouveau Livre blanc sur la défense et la sécurité nationale afin de définir les priorités stratégiques de la France dans le contexte international et économique actuel et futur. Ce texte sera présenté début 2013 devant l'Assemblée nationale, précédant ainsi le vote de la Loi de Programmation Militaire 2014-2019. Cette volonté forte des plus hautes autorités de l'État de faire évoluer un document datant de 2008 est destinée à intégrer les nouveaux conflits et crises apparus ces dernières années. « Révolutions arabes », piraterie au large de la corne de l'Afrique, cybercriminalité, etc. sont autant de menaces que les forces armées françaises devront être capables de piloter, seules ou en coalition, notamment au sein d'une Europe de la Défense toujours à inventer ou, du moins, à redynamiser.

Dans cette vision du monde instable et imprévisible, l'armée de Terre et ses quelques 106 000 hommes et femmes (dont 10 000 personnels civils)<sup>1</sup> démontrent chaque jour, en France comme à l'étranger, dans des contextes interarmées et interalliés, leur rôle central à la fois dans les résolutions de crises et dans les interventions humanitaires. Sous les ordres du Chef d'État-Major de l'Armée de Terre (CEMAT), les 81 régiments composant la Force Opérationnelle Terrestre sont en mesure d'intervenir sur court préavis au sein d'unités InterArmes, c'est-à-dire construites à partir d'un ensemble cohérent de plateformes de combat à capacités différentes mais complémentaires. L'armée de Terre assume aussi plus de 4 millions de journées d'enseignement réalisées par ses organismes de formation placés sous le

---

<sup>1</sup> Données officielles 2012 du Ministère de la Défense.

commandement de la Direction des Ressources Humaines de l'Armée de Terre (DRHAT). Enfin, le Service de la Maintenance Industrielle Terrestre ou SMITer est la troisième grande entité de l'armée de Terre. Elle regroupe les unités militaires chargée de la maintenance différée des matériels terrestres.

L'Aviation Légère de l'Armée de Terre ou ALAT est la composante aérienne de l'armée de Terre. Elle comprend de nombreuses unités dont les Régiments d'Hélicoptères de Combat mis à l'honneur le 4 octobre 2012 pour leurs interventions décisives réalisées au cours de l'année 2011 : raids aéromobiles à partir de la mer lors de l'opération Harmattan en Lybie, appuis systématiques des troupes au sol durant la mission Pamir en Afghanistan et raids en zone urbaine à Abidjan en Côte d'Ivoire sous le mandat Licorne. Ces résultats, ayant des répercussions jusqu'aux plus hauts niveaux stratégiques et politiques, ne doivent pas occulter les mutations importantes et menées de front par l'ALAT depuis bientôt 10 ans. Le renouvellement de son parc d'hélicoptères et l'intégration d'une simulation couvrant l'ensemble du spectre de la formation et de l'entraînement sont les deux changements majeurs et visibles qui ont contribué aux succès des missions aéromobiles citées précédemment. Pourtant, une autre évolution, peut-être encore plus fondamentale, mais aussi plus silencieuse a débuté dans l'ensemble de l'armée de Terre à la fin des années 90. Cette évolution s'appelle la Numérisation de l'Espace de Bataille (NEB).

En 1997, le Vice-Amiral américain Arthur Karl Cebrowski lançait un concept théorique prônant une nouvelle approche de la guerre : le *Network-Centric Warfare* (NCW). Cette idée souhaitait mettre en avant que les Technologies de l'Information et de la Communication pouvaient permettre à une unité combattante d'obtenir la supériorité informationnelle et surtout, de convertir cette infodominance par des résultats effectifs au combat. En cette fin de millénaire, l'avènement d'Internet et les espoirs presque aveugles envers la technologie ont fait que le NCW a trouvé un écho favorable dans l'ensemble des armées occidentales. Pourtant, la notion de NCW « exportée » se traduit par une approche presque exclusivement technique ce qui a induit des visions réductrices se bornant à un simple déterminisme technologique.

Nos travaux souhaitent dépasser cet état de fait grâce à une première recherche académique en Sciences Humaines et Sociales sur ce thème. Pour ce faire, nous avons étudié le cas du Module de Préparation de Mission des Équipages hélicoptères de l'ALAT (MPME) qui fait partie de la Numérisation de l'ALAT ou NumALAT, elle-même intégrée à la

Numérisation de l'Espace de Bataille. Notre problématique générale concerne la relation entre la NEB et les reconfigurations des activités du travail des pilotes d'hélicoptères de combat. Plus précisément, **notre question de recherche est la suivante : comment les usages émergents, qui sont développés actuellement par les pilotes au contact du MPME, peuvent participer à l'évolution du Système d'Information ?**

Afin de répondre à cette question, nos travaux se composent de trois parties. La première démontre la pertinence d'une recherche en Systèmes d'Information pour étudier le concept de Numérisation de l'Espace de Bataille en supprimant certaines ambiguïtés professionnelles vis-à-vis de l'objet « Système d'Information ». Le chapitre 2 présente le design de la recherche et les choix méthodologiques que nous avons pris afin de répondre à notre question de recherche. Le troisième chapitre expose les caractéristiques de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre et détaille notre terrain de recherche, le centre de simulation de la Base École Générale Lejay (B EGL) de l'École de l'ALAT (EALAT).

La deuxième partie aspire à reconstruire l'histoire des idées de la guerre en réseau. Le chapitre 4 aide notamment à réhabiliter les fondements théoriques sous-jacents aux opérations réseau-centrées comme l'autosynchronisation dynamique et les domaines d'interopérabilité non techniques. Puis, au travers des exemples de l'armée australienne et de l'armée de Terre française, il est possible de visualiser des démarches concrètes de la mise en œuvre technologique du NCW. Le chapitre suivant (chapitre 5) identifie les choix, toujours d'ordre technique, pris par l'ALAT pour s'intégrer dans le combat numérisé futur. Enfin le chapitre 6 se focalise sur le MPME et notamment sur les résultats d'expérimentations qui ont mis en évidence, outre un impact positif sur l'aérocombat, la présence d'usages non prescrit des technologies.

La dernière partie est le cœur de notre démonstration. Elle débute par une revue de littérature concernant la notion d'appropriation afin de montrer que les usages émergents, que nous qualifions par la suite de bricolages, ne sont pas uniquement de simples déviations qu'il faut à tout prix supprimer. Ce chapitre détaille ensuite trois approches théoriques possibles de la technologie : technocentrée, émergente et sociomatérielle (Orlikowski, 2007; 2009). Le chapitre 8 délivre les résultats de notre recherche après une analyse réalisée par l'application de la grille de lecture précédente à quatre bricolages extraits de missions ALAT réelles. Il démontre aussi les limitations des méthodes de Retour d'Expérience (REX ou RETEX) classiques pour l'observation et l'analyse de ces bricolages. Nous proposons par conséquent

une nouvelle démarche plus adaptée, le RETEX Accompagné ou RETEXA. Enfin, le dernier chapitre ébauche certaines limites et perspectives futures de nos travaux, notamment en positionnant les Sciences Humaines et Sociales comme « acteurs » clés pour accompagner l'institution militaire dans le processus et la mise en œuvre de la Numérisation de l'Espace de Bataille.

**Tableau 1. Structure générale de la thèse.**

|   |
|---|
| <b>1<sup>ère</sup> partie</b>   |
| <b>Légitimité d'une recherche en Systèmes d'Information</b>                         |
| <i>Chapitre 1 La recherche en Systèmes d'Information</i>                            |
| <i>Chapitre 2 Design général de la recherche</i>                                    |
| <i>Chapitre 3 L'Aviation Légère de l'Armée de Terre, une Arme en mutation</i>       |
| <b>2<sup>ème</sup> partie</b>   |
| <b>Les opérations réseau-centrées : nouvelle théorie de la guerre</b>               |
| <i>Chapitre 4 La guerre en réseau ou la céleustique du XXI<sup>ème</sup> siècle</i> |
| <i>Chapitre 5 La NumALAT ou la numérisation de l'aérocombat</i>                     |
| <i>Chapitre 6 Du prescrit au réel, le cas du MPME</i>                               |
| <b>3<sup>ème</sup> partie</b>   |
| <b>La sociomatérialité comme cadre d'analyse des usages émergents</b>               |
| <i>Chapitre 7 Du nécessaire dépassement du concept d'appropriation</i>              |
| <i>Chapitre 8 Résultats de la recherche</i>   |
| <i>Chapitre 9 Limites et perspectives</i>   |

## **1<sup>ère</sup> partie**

# **Légitimité d'une recherche en Systèmes d'Information**

# Introduction de la 1<sup>ère</sup> partie

Cette thèse se situe à l'intersection des mondes aéronautique et militaire, lieux par excellence où les technologies de pointe s'entremêlent, se confrontent, fusionnent avec des pratiques et valeurs traditionnelles, historiques et culturelles parfois mythiques. Afin d'étudier ces organisations à hauts risques à l'aube de la numérisation intégrale des forces armées françaises, les Sciences de Gestion et, plus particulièrement, le champ de recherche en Systèmes d'Information, disposent d'une cartographie suffisamment élaborée pour orienter le lecteur vers des approches innovantes qui dépassent, tout en l'intégrant pleinement, la vision technologique.

Pourtant, il convient tout d'abord de lever quelques ambiguïtés afin que ce lecteur, qu'il soit praticien ou universitaire, puisse être suffisamment équipé pour naviguer correctement dans ce territoire où le brouillard de la guerre est parfois palpable. C'est ce que nous vous proposons dans le premier chapitre. Il s'agit pour les uns de comprendre ce qu'est la recherche en Systèmes d'Information et pour les autres, de se saisir des définitions concurrentes de « l'objet » Système d'Information présentes au sein des armées françaises en général et de l'armée de Terre en particulier. Le deuxième chapitre de cette partie traite du design de la recherche et explique nos choix méthodologiques, théoriques et épistémologiques afin d'appréhender au mieux les usages émergents développés par les équipages lors de l'utilisation d'un des dispositifs technologiques de la NumALAT, le MPME. La présentation détaillée de l'ALAT au travers de ses nombreuses mutations en cours, ainsi que de notre terrain de recherche, le centre de simulation de la BEGL de l'EALAT, conclut cette première partie.

**Tableau 2. Structure de la 1<sup>ère</sup> partie de la thèse.**

|   |  |
|---|--|
| <b>1<sup>ère</sup> partie</b>   |  |
| <b>Légitimité d'une recherche en Systèmes d'Information</b>                   |  |
| <i>Chapitre 1 La recherche en Systèmes d'Information</i>                      |  |
| Section 1.1 Les tensions qui animent le SI                                    | Section 1.2 « SI », un digramme cryptique      |
| <i>Chapitre 2 Design général de la recherche</i>                              |  |
| Section 2.1 Les choix méthodologiques   | Section 2.2 Cadre épistémologique              |
| <i>Chapitre 3 L'Aviation Légère de l'Armée de Terre, une Arme en mutation</i> |  |
| Section 3.1 L'ALAT, état des lieux  | Section 3.2 Modélisation d'une mission<br>ALAT |
| <b>2<sup>ème</sup> partie</b>   |  |
| <b>Les opérations réseau-centrées : nouvelle théorie de la guerre</b>         |  |
| <b>3<sup>ème</sup> partie</b>   |  |
| <b>La sociomatérialité comme cadre d'analyse des usages émergents</b>         |  |

# **Chapitre 1**

## **La recherche en Systèmes d'Information**

## **Chapitre 1**

### **La recherche en Systèmes d'Information**

La première section de ce chapitre détaille plusieurs textes de référence dans le champ des Systèmes d'Information et montrent les tensions qui animent cette jeune discipline. La seconde section lève le voile sur les différentes acceptions de la notion de Système d'Information, notamment sur celles développées dans un cadre académique et celles issues du monde militaire.

## Section 1.1

### Les tensions qui animent le SI

La recherche en Systèmes d'Information est un champ disciplinaire jeune qui n'a pas encore résolu certains dilemmes, notamment celui de son positionnement entre les approches technologiques et les approches « sociales », d'où son qualificatif métaphorique énoncé par Ramage (2004) de « cyborg »...

Cette discipline, intégrée en France dans les Sciences de Gestion<sup>2</sup> qui sont qualifiées d'« ingénierie gestionnaire fondée » par David (2012), peut se définir par son objectif :

**« La recherche en Systèmes d'Information ne doit pas seulement examiner le système technique ou le système social, ni même les deux côte à côte, mais étudier les phénomènes qui émergent de l'interaction du système technique avec le système social »<sup>3</sup> (Lee, 2001).**

En d'autres termes, il faut éviter, à propos des « artefacts » ou objets techniques, ce que Benbasat et Zmud (2003) appellent **l'erreur d'exclusion et l'erreur d'inclusion**. Trop exclure ou trop inclure la dimension technique dans une recherche en SI revient à basculer irrémédiablement dans un champ disciplinaire historiquement mieux délimité : informatique, ergonomie, sociologie, etc. Concernant cette problématique, les auteurs n'hésitent pas à titrer leur article dans *MIS Quarterly*<sup>4</sup> « La crise d'identité dans la discipline Systèmes d'Information »<sup>5</sup> et à conseiller aux chercheurs en SI d'éviter de traiter les Technologies de l'Information ou Systèmes d'Information informatisés comme des « boîtes noires ». Rodhain et al. (2010), après une synthèse historique de 30 ans de publications de recherches en SI,

---

<sup>2</sup> Section 06 du Conseil National des Universités <http://www.cpcnu.fr/web/section-06/presentation>

<sup>3</sup> « *Research in the information systems field examines more than just the technological system, or just the social system, or even the two side by side; in addition, it investigates the phenomena that emerge when the two interact* »

<sup>4</sup> <http://www.misq.org/>

<sup>5</sup> « *The identity crisis within the IS discipline* ».

mettent justement cette problématique au premier plan et avancent par exemple que le questionnement de son identité provient de la « poussée » de la technologie ; raison pour laquelle « le champ des SI n'a pas encore vraiment construit son corps théorique spécifique ».

Un deuxième dilemme qui se dégage de l'idée précédente se traduit par une problématique de légitimité envers les autres disciplines à un niveau plus fondamental. Par exemple, toujours au sein même de la revue de référence *MIS Quarterly*, Baskerville et Myers (2002) tentent de démontrer que le champ de recherche en SI n'est plus la discipline du bout de la « chaîne alimentaire intellectuelle » (« *intellectual food chain* » dans le texte) des autres disciplines et peut dorénavant prétendre au statut de discipline de référence. Les auteurs, en définissant le champ disciplinaire SI comme le « développement, l'usage et la mise en œuvre des Systèmes d'Information par les individus, organisations et sociétés »<sup>6</sup> considèrent enfin que la communauté des chercheurs en SI n'est pas suffisamment dimensionnée pour une telle entreprise. Ils prônent alors la possibilité de devenir la discipline « leader » de ces champs théoriques et praxéologiques. Toujours dans *MIS Quarterly*, Nambisan (2003) reprend ce thème en expliquant que l'emprunt des concepts à d'autres disciplines ne remet certainement pas en cause la légitimité de la discipline SI puisque ces théories empruntées sont adaptées afin de fournir des explications puissantes et exhaustives des phénomènes issus de l'usage des Technologies de l'Information (TI).

*A contrario*, Yade et al. (2006), dans un travail d'analyse de la littérature en SI, et après avoir défini une discipline de référence comme une discipline abondamment citée par les autres disciplines, ou au moins, une discipline qui propose des fondements conceptuels pour d'autres disciplines, en arrivent à la conclusion que la recherche en SI ne peut pas prétendre au statut de discipline de référence car elle ne remplit pas ces deux conditions. Les auteurs proposent alors une série de stratégies (à mettre en œuvre conjointement) devant permettre d'augmenter l'influence de la recherche en SI :

- **promouvoir la fertilisation croisée d'idées** avec la création de revues et de colloques transdisciplinaires sur des thèmes d'intérêt commun ;

---

<sup>6</sup> « *The domain defined by the development, use and application of information systems by individuals, organizations and society* ».

- **augmenter l'accessibilité des recherches en SI** en élargissant l'audience vers le monde académique et professionnel. Lee (2000) parle à ce propos d'un troisième (et dernier) dilemme qui concerne l'apparente opposition entre la rigueur scientifique et la pertinence praxéologique des travaux de recherche en SI ;

- **augmenter le nombre de recherches en SI** (sans sacrifier la qualité) ;

- **adopter la notion de « Systems Thinking »** (Lee, 2000) via une approche sociotechnique afin d'intégrer dans les recherches en SI l'ensemble des composants du système et pas uniquement la technologie. À ce propos, l'auteur définit la recherche en SI comme « l'étude et les activités concernant les problèmes et solutions qui émergent des interactions et des interfaces entre la technologie et les comportements »<sup>7</sup>. Lee ajoute que ce principe est analogue à la chimie en étudiant une réaction (un phénomène en SI) à partir d'un composé de plusieurs éléments.

Davis (2000) propose aussi trois alternatives pour le développement des fondations conceptuelles du champ académique SI :

- **une extension continue des fondements conceptuels de la recherche en SI** en parallèle au développement de nouveaux domaines d'application des SI dans d'autres disciplines. La fertilisation croisée des disciplines (qui évoluent qualitativement et quantitativement au fil du temps) reste donc le point central de cette première alternative ;

- **une redéfinition complète de la carte des fondements conceptuels** afin de délimiter précisément les domaines de recherche en SI. Cette approche envisage de resserrer les domaines d'investigation de la recherche en SI en acceptant le risque d'exclure certains apports d'autres disciplines qui pourraient s'avérer bénéfiques ;

- la troisième proposition de l'auteur est médiane aux deux premières en **conservant les intersections des champs disciplinaires tout en se recentrant sur un « cœur » propre** à la recherche en SI. Cette perspective est préférée par Davis puisque, selon son point de vue, le champ des SI est beaucoup trop large et qu'il serait profitable de renforcer les fondements de la discipline. L'auteur précise toutefois qu'il faut conserver des échanges

---

<sup>7</sup> « *Research and practice about the problems and solutions that emerge from the interactions at the interface between the technological and the behavioral* ».

avec les autres disciplines car le « champ des SI chevauche naturellement d'autres disciplines »<sup>8</sup> ; cette interdépendance devant être perçue non pas comme un danger mais bien comme une opportunité.

Enfin, Gregor (2006), dans son article proposant une typologie des théories en SI, précise à juste titre qu'un des aspects qui différencie la recherche en SI des autres disciplines est « l'usage des artefacts dans les systèmes homme-machine »<sup>9</sup> et que « notre discipline se situe à l'intersection des connaissances sur les propriétés des objets physiques (machines) et des connaissances sur les comportements humains »<sup>10</sup>. Benbasat et Zmud, après avoir cerné le concept d'artefact TI comme des Technologies de l'Information vouées à la réalisation de tâches incluses dans une ou plusieurs structures elles-mêmes incluses dans un contexte particulier, indiquent que les recherches en SI doivent dépasser (mais sans l'oublier) l'approche purement technique et développer une compréhension mutuelle (des chercheurs et des praticiens) dans trois domaines : « 1) Comment les TI sont conçues, construites et implémentées ? 2) Comment les artefacts TI sont utilisés, maintenus et évoluent ? 3) Comment les artefacts TI impactent (et sont impactés par) le contexte dans lequel ils sont intégrés ? »<sup>11</sup>.

À travers ces quelques lignes de présentation du champ disciplinaire SI, nous constatons aisément trois tensions « spatiales ». La première est celle d'une recherche de maturité et d'autonomie par rapport à d'autres disciplines historiques. Corollairement, la deuxième traite du difficile positionnement (ou plutôt devrions-nous parler de distanciation) du chercheur par

---

<sup>8</sup> « *However, the field of information systems has natural overlap with other disciplines, and these intersections should remain part of the domain of the information systems discipline* ».

<sup>9</sup> « *A characteristic that distinguishes IS from other fields is that it concerns the use of artifacts in human-machine systems* ».

<sup>10</sup> « *We have a discipline that is at the intersection of knowledge of the properties of physical objects (machines) and knowledge of human behavior* ».

<sup>11</sup> « *The IS discipline involves much more, however, than the study of the IT artifact. Specifically, IS scholars and IS practitioners strive to increase their collective understandings of (1) how IT artifacts are conceived, constructed, and implemented, (2) how IT artifacts are used, supported, and evolved, and (3) how IT artifacts impact (and are impacted by) the contexts in which they are embedded. Hence, our view of the phenomena studied* ».

rapport à la technologie. Ceci est principalement dû à la polysémie de la notion même de Système d'Information, sans le « s » cette fois-ci, pour caractériser cet « objet » complexe. Cette affirmation met en exergue la troisième tension entre des recherches théoriques fondamentales en « laboratoire » et des recherches appliquées, très proches du monde professionnel donc réalisées sur le terrain, et ayant comme objectif d'obtenir des résultats utilisables directement par les praticiens.

## Section 1.2

### « SI », un digramme cryptique

#### 1.2.1. Le Système d'Information académique

Il sera ici beaucoup question de Technologies de l'Information et Systèmes d'Information (SI). Mais de quoi parlons-nous exactement ? Quel est cet objet cryptique<sup>12</sup> ? Il existe de nombreuses définitions du SI, de la plus technique où le SI est synonyme de système informatique à la plus subjective où sa dimension matérielle disparaît au profit d'une approche purement psychologique. De Vaujany (2009a) démontre que cette question de caractérisation du SI est par conséquent bien plus compliquée qu'elle n'en a l'air. Dans notre champ disciplinaire, certaines définitions sont communément admises. Ce sont par exemples celles de Reix et al. (2011), Laudon et al. (2010) et Reix et Rowe (2009). Nous proposons de les mettre en parallèle avec les définitions des deux phases de la Numérisation de l'Espace de Bataille.

**Dans notre contexte, le terme de numérisation fait appel à deux principes : la dématérialisation de pratiques ou de certains outils (cartes, feutres, etc.) et la mise en réseau au sein d'une ou de plusieurs Liaisons de Données Tactique (LDT) des unités militaires.**

---

<sup>12</sup> Selon Bougon (1992), la crypticalité est un phénomène social qui apparaît quand une action ou un évènement se voit attribuer différentes significations par différentes personnes (« *crypticality occurs when an action or event has several simultaneous clear meanings* »).

| <p align="center"><b>Définitions académiques d'un Système d'Information</b></p>   | <p align="center"><b>Définitions professionnelles des deux phases de la Numérisation de l'Espace de Bataille</b></p>  |
|---|---|
| <p>« <b>Un système d'Information</b> est un ensemble organisé de ressources : matériels, logiciels, personnels, données, procédures... permettant d'acquérir, de traiter, de stocker des informations (sous forme de données, textes, images, sons, etc.) dans et entre des organisations » (Reix, et al., 2011).</p> | <p><b>La Numérisation de l'Espace de Bataille</b> est la mise en réseau de l'ensemble des systèmes d'information interopérable entre eux (comprendre les TIC, N.D.A.), de l'état-major jusqu'au dernier soldat, afin de traiter et diffuser en quasi-temps réel (ou temps réflexe) les informations utiles au combat. Cette mise en relation de tous ces SI de commandement, de préparation et de conduite de mission doit permettre l'échange de données numériques fiables au sein d'un combat infocentré afin de comprendre, décider et agir plus rapidement que l'adversaire.</p> |
| <p>« <b>Un Système d'Information</b> est un ensemble de composantes interreliées qui recueillent (ou récupèrent) de l'information, la traitent, la stockent et la diffusent afin d'aider à la prise de la décision, à la coordination et au contrôle au sein d'une organisation » (Laudon, et al., 2010).</p>         |   |
| <p>« <b>Un Système d'Information</b> est un système d'acteurs sociaux qui mémorise et transforme des représentations via des technologies de l'information et des modes opératoires » (Marciniak &amp; Rowe, 2009).</p>   | <p>« <b>L'infovalorisation</b> est l'exploitation optimale des ressources d'informations obtenues grâce aux technologies et à la mise en valeur de l'information à travers tout le dispositif » (La Numérisation de l'Espace de Bataille, 2010).</p>  |

S'il est maintenant possible de cerner plus précisément la place relative de la technologie dans la notion de SI, il ne faut toutefois pas déduire de ces définitions qu'un SI est un objet figé et stable dans le temps. Il est lui-même un résultat émergent (Lee, 2004) de différents processus se déroulant dans les organisations qui l'emploient. Le SI est avant tout un « objet » social.

Pourtant, et malgré ce consensus académique gestionnaire sur le dépassement plus ou moins marqué de l'approche technique, il existe une ambiguïté au sein même de l'armée sur ce terme de SI, principalement d'origine historique, qu'il faut maintenant lever.

### ***1.2.2. Le Système d'Information militaire***

On trouve en effet deux définitions concurrentes. Le SI est souvent employé indistinctement pour désigner le Système d'Information et le Système Informatique. On peut lire par exemple, sur le site Intradef (Intranet Défense) de l'École des Transmissions (ETRS) que « le Système d'Information a pour fonctions de générer, mémoriser, traiter et communiquer les informations qui lui sont confiées [...]. De nos jours, les systèmes d'information dépendent majoritairement de l'informatique. **À ce titre, l'acronyme « SI » signifie tout autant un système d'information qu'un système informatique** ». À l'inverse, dans une autre organisation militaire, on pourra obtenir une définition plus proche de la version « académique ». Le glossaire du Centre Interarmées de Concepts, de Doctrine et d'Expérimentations (2012) définit par exemple un SI comme un « ensemble de matériels, de méthodes, de procédures et, le cas échéant, de personnes, organisé pour accomplir des fonctions déterminées de traitement d'informations ». Cette définition est conforme à celle de l'OTAN où il est possible de lire qu'un SI est un « ensemble de matériels, de méthodes et de procédures et, le cas échéant, de personnels, organisé pour accomplir des fonctions de traitement d'informations »<sup>13</sup> (Organisation du Traité de l'Atlantique Nord, 2012; 2011a).

**Hors du monde académique gestionnaire, le SI est polysémique et sa définition est relative à l'entité et au niveau hiérarchique qui l'étudie ou l'emploie.**

<sup>13</sup> « *An assembly of equipment, methods and procedures and, if necessary, personnel, organized to accomplish information processing functions* ».

Pourtant, il aurait été simple, à l'image de Laudon et al. (2010) de différencier le substrat technique du SI de sa vision plus large, multidimensionnelle, en employant l'expression de Technologies de l'Information (TI). Malheureusement, et dans la grande majorité des cas, ce digramme « SI » est inséré dans les noms mêmes des objets techniques militaires : SICS (Système d'Information de Combat Scorpion), SITALAT (Système d'Information Terminal de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre), SIR (Système d'Information Régimentaire), etc.

Ces dispositifs techniques sont historiquement soutenus par l'Arme (composante organique de l'armée de Terre<sup>14</sup>) des transmissions regroupant aussi les métiers de l'informatique. Ils font partie d'une catégorie plus large nommée SIOC pour Système d'Information Opérationnel et de Communication (parfois, le « C » est employé pour le terme « Commandement » sans changer ni le sens ni la définition de SIOC), elle-même incluse dans la fonction Système d'Information et de Communications (SIC) :

« Partie prenante de l'appui au commandement, la fonction « systèmes d'information et de communications » intègre le personnel, les équipements, l'organisation, les procédures, les liaisons et les éléments de doctrines dans un système destiné à fournir, aux autorités et à leur état-major, les données nécessaires, dans les délais requis, pour planifier, conduire et contrôler leurs activités. Les SIC sont articulés en quatre sous-fonctions : le commandement des SIC, les systèmes de communications<sup>15</sup>, les systèmes d'information [au sens de système informatique, N.D.A.] et la sécurité des systèmes d'information » (École des Transmissions, 2012).

Cette définition est, là encore, légèrement différente selon d'autres documents doctrinaux français qui conçoivent le SIC non pas comme une fonction mais finalement comme un

---

<sup>14</sup> Muraise (1964) indique que la notion d'Arme « est fondée sur les besoins de l'instruction et de l'administration ; elle prévaut en temps de paix. L'Arme rassemble au sein de Corps organiques des personnels caractérisés par la communauté des méthodes, des matériels, des servitudes et par un esprit d'Arme ». Nous avons choisi de mettre une majuscule au mot « Arme » afin de le différencier de l'arme en tant qu'objet.

<sup>15</sup> « Un système de communication rassemble trois éléments permettant de transmettre l'information : le support qui réalise effectivement le transport, la commutation qui oriente vers le bon destinataire et la desserte au profit de l'utilisateur final » (École des Transmissions, 2012).

Système d'Information de management<sup>16</sup> : un SIC militaire est un « système intégré d'appui au commandement destiné à fournir dans les délais requis aux autorités et à leur état-major les données nécessaires à la planification, à la conduite et au contrôle de leurs activités. Le SIC intègre le personnel, les équipements, l'organisation, les procédures, les liaisons et les éléments de doctrine » (Centre Interarmées de Concepts, de Doctrine et d'Expérimentations, 2012).

En conclusion, et afin de lever toute ambiguïté sur ce digramme SI, nous ferons référence à la définition informatique du SI lorsque nous parlerons des différents SIOC ; ces acronymes (SICS, SITALAT, SIR, etc.) renvoyant uniquement aux substrats techniques, c'est-à-dire aux TI qui les composent, et pas aux notions plus larges de SI présentes dans notre champ de recherche.

Pourtant, cette vision technique est à la fois indispensable et non satisfaisante pour nos travaux car elle fait trop rapidement oublier les autres dimensions qui permettent au TI (ou SIOC) de « prendre vie » dans l'organisation.

**À ce titre nous avons mis en évidence que les différentes définitions du SI conviennent parfaitement, non pas pour définir tel ou tel artefact technique comme les SIOC, mais pour caractériser les visions chronologiques de la Numérisation de l'Espace de Bataille.** En d'autres termes, nous retrouvons bien la vision académique du Système d'Information dans les Sciences de Gestion dès lors que nous choisissons des aspects praxéologiques plus globalisants et conceptuels.

Avant de refermer ce chapitre, nous tenons à lever une autre dilogie concernant le terme « donnée » cette fois-ci. En effet ce lexème se retrouve dans beaucoup de documents officiels militaires alors qu'il faudrait plutôt parler d'informations puisque ces dernières résultent d'un « mécanisme d'interprétation des données par une personne ou par un groupe qui va conduire à ajouter du sens à la donnée » (Lebraty, 2011). Nous verrons par exemple que ces données sont « typées » visuellement grâce à des symboles codifiés au niveau de l'OTAN (encadré 24).

---

<sup>16</sup> Selon Laudon et al. (2010), un SI pour les dirigeants (ou de management) est un « Système d'Information au niveau de la stratégie d'une organisation conçu pour soutenir la prise de décisions non structurées au moyen de graphiques et d'outils de communication sophistiqués ».

En dernière analyse, les trois dilemmes de la recherche en Systèmes d'information présentés précédemment nous ont finalement servi de fil conducteur démontrant la pertinence et la richesse de ce champ disciplinaire pour appréhender notre objet de recherche. À nos yeux, la recherche en SI se trouve donc pleinement légitimée pour nos travaux.

Ce chapitre a débuté par une citation de Ramage (2004). Nous le terminerons par une autre citation de cet auteur qui fait écho à la fois à notre intuition, à notre cursus académique et à notre parcours professionnel.

« Si je souhaite être un cyborg, je peux le faire dans mon temps libre, mais si je veux écrire une thèse de doctorat, je dois m'atteler à rester dans les canons des sciences informatiques et écrire une thèse dans la « pure tradition informatique » (si cette expression veut dire quelque chose). Mais je n'ai pas choisi cette solution et j'ai décidé de l'écrire dans un style mélangeant le social et la technique non seulement parce que c'est mon tempérament, mais bien parce que je crois que c'est de la vraie science ; que c'est approprié à ce contexte »<sup>17</sup>.

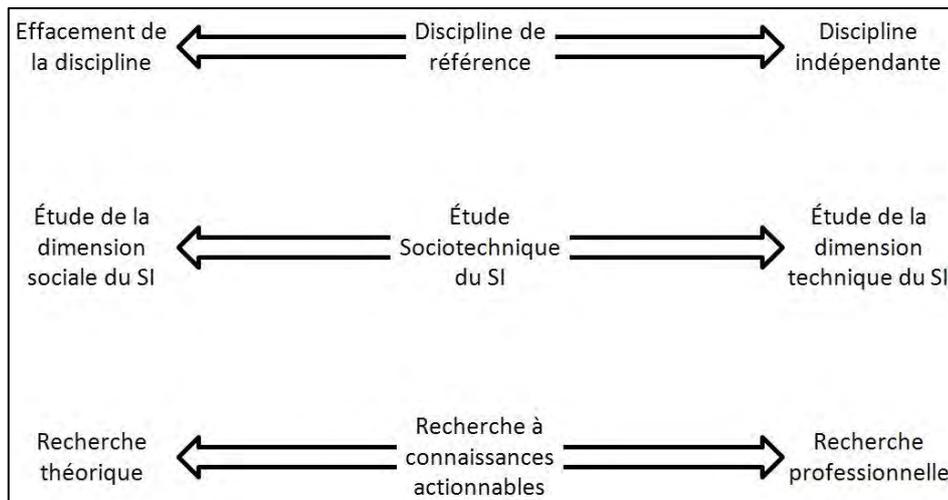


Figure 1. Les trois tensions de la recherche en SI.

<sup>17</sup> « If I want to be a cyborg, then that's fine in my own time, but if I want to write a PhD I should knuckle under the disciplinary norms of computer science and write a thesis that is pure computing (whatever that means). I have not done this, choosing instead to write in a style that is a mixture of social and technical not just because it suits my temperament, but also because I think it is good science –it is appropriate to this context ».

**Encadré 1**

**Synthèse du chapitre 1**

**« La recherche en Systèmes d'Information ne doit pas seulement examiner le système technique ou le système social, ni même les deux côte à côte, mais étudier les phénomènes qui émergent de l'interaction du système technique avec le système social » (Lee, 2001).**

**Dans notre contexte, le terme de numérisation fait appel à deux principes : la dématérialisation de pratiques ou de certains outils (cartes, feutres, etc.) et la mise en réseau au sein d'une ou de plusieurs Liaisons de Données Tactique (LDT) des unités militaires.**

**Hors du monde académique gestionnaire, le SI est polysémique et sa définition est relative à l'entité et au niveau hiérarchique qui l'étudie ou l'emploie.**

**À ce titre nous avons mis en évidence que les différentes définitions du SI conviennent parfaitement, non pas pour définir tel ou tel artefact technique comme les SIOC, mais pour caractériser les visions chronologiques de la Numérisation de l'Espace de Bataille. En d'autres termes, nous retrouvons bien la vision académique du Système d'Information dans les Sciences de Gestion dès lors que nous choisissons des aspects praxéologiques plus globalisants et conceptuels.**

## **Chapitre 2**

# **Design général de la recherche**

## **Chapitre 2**

### **Design général de la recherche**

La première section de ce chapitre explique nos choix de recherche et présente notre question de recherche. La seconde section traite du cadre épistémologique de nos travaux.

## Section 2.1

### Les choix méthodologiques

#### 2.1.1. Problématique générale

**Notre problématique générale s'intéresse aux effets de l'implémentation des Technologies de l'Information et de la Communication dans l'armée de Terre française.**

Plus précisément, nous avons choisi d'étudier les usages émergents développés par les opérateurs lors de l'implémentation des dispositifs techniques de la Numérisation de l'Espace de Bataille (NEB) au sein de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre (ALAT). Nos travaux portent sur un ensemble de Technologies de l'Information destiné à la préparation et la restitution des missions de l'ALAT, le MPME, qui remplace des procédures entièrement manuelles et à forte « charge » historico-culturelle.

**Notre niveau d'analyse est celui de la patrouille d'hélicoptères de combat, c'est-à-dire d'un groupe constitué de 5 à 13 personnes réparties en 2 ou 3 équipages et soutenues par une personne experte de l'utilisation du MPME.**

#### 2.1.2. Type de recherche

**Notre recherche qualitative au sens de Yin (2011) est de type étude de cas unique longitudinale.**

Notre recherche a résolument une posture idiographique (s'attachant à la recherche du particulier) et s'est déroulée en temps réel depuis les premières expérimentations du MPME jusqu'à ses récentes évolution suite à son usage opérationnel en temps de guerre. Notre objectif est « d'étudier les configurations du monde réel afin de découvrir comment les personnes font face et se développent dans ces configurations et de capturer la richesse

contextuelle de leur vie de tous les jours »<sup>18</sup>. À ce titre, nous avons suivi les cinq caractéristiques d'une recherche qualitative présentées par Yin :

**1- étudier les comportements sociaux des participants en conditions réelles**, c'est-à-dire en dehors des laboratoires. Les seules expérimentations que nous avons réalisées ont simplement servi à démontrer leur inutilité pour étudier notre objet de recherche. Les usages émergents s'inscrivent indubitablement dans les activités quotidiennes et situées des équipages de l'ALAT ;

**2- représenter les visions et perspectives des participants**. Il s'agit de capturer les représentations des participants sans les polluer par les idées préconçues du chercheur. Cet aspect a été particulièrement surveillé de par notre position d'*insider* de longue date dans l'organisation. Nous avons engagé régulièrement un débat contradictoire entre praticiens et universitaires afin d'éviter au maximum d'imposer nos idées provenant de notre ancienneté d'officier pilote ;

**3- définir les conditions contextuelles dans lesquelles vivent les participants**. Contrairement au point précédent, la prise en compte du contexte a été relativement aisée au vu de notre expérience et de la facilité d'accès au terrain. Ce point a toutefois été étudié afin de prévenir tout aveuglement et biais de confirmation, toujours dû à nos nombreuses années de service ;

**4- viser l'explication des événements au travers l'utilisation de concepts existants ou émergents**. Plusieurs concepts théoriques relevant de ce principe ont été mobilisés comme le Réalisme Critique et la sociomatérialité ;

**5- s'efforcer de collecter des données provenant de multiples sources**. Nos travaux s'appuient sur des données de sources primaires via des entretiens semi-directifs et des observations directes. Nous avons aussi utilisé un nombre important de données secondaires grâce à un accès aux documents professionnels non classifiés (rapports, Retours d'Expériences, manuel d'utilisation des technologies, cours, etc.).

---

<sup>18</sup> « *Why do qualitative research ? You just might want to study a real-world setting, discover how people cope and thrive in that settings – and capture the contextual richness of people's everyday life* » (Yin, 2011).

D'autre part, **certaines parties de notre recherche peuvent aussi s'apparenter à des prémisses d'une recherche-intervention** (David, 2008a; 2012) puisque notre terrain est à la fois un lieu d'ingénierie et source de théories fondées. La conception et la mise en place d'un nouveau modèle de RETEX est un exemple qui *in fine* nous permet de mettre en évidence les pratiques professionnelles réelles tout en produisant des connaissances intéressantes à la fois le monde académique et l'organisation militaire concernée. Néanmoins, nos travaux ne formalisent pas suffisamment les changements produits par notre recherche pour que ces derniers relèvent d'une recherche-intervention « canonique ».

### ***2.1.3. Méthodologie, question de recherche et concepts mobilisés***

Notre méthodologie de recherche a suivi quatre phases. Tout d'abord, nous avons souhaité remonter le cours de l'histoire de la Numérisation de l'Espace de Bataille afin de découvrir ses principes fondateurs. Pour ce faire, nous avons réalisé un travail quasi systématique et préalablement inexistant de recueil, de synthèse et de triangulation de données depuis l'origine du concept américain de *Network-Centric Warfare* jusqu'à ses concrétisations les plus récentes aux États-Unis, en Australie puis en France. La volonté de décrire la vision australienne du NCW provient de trois caractéristiques :

- **montrer une concrétisation du NCW dans le monde anglo-saxon** au sein d'une armée relativement petite et possédant majoritairement des matériels militaires d'origine américaine ;
- **bénéficier d'une banque d'informations officielles** extrêmement riche et disponible aisément sur Internet ;
- **profiter d'une vision claire**, homogène et bien structurée du NCW comparativement aux deux autres pays afin d'isoler certaines notions complexes mais communes aux nations ayant débuté leur processus de numérisation.

La deuxième étape explique comment nous avons constaté l'existence de certains usages non prévus du MPME. En effet, notre travail de recherche préliminaire, via une approche technocentrée exacerbée, souhaitait découvrir comment faire en sorte que les équipages acceptent (de Vaujany, 2009a) d'utiliser de nouvelles Technologies de l'Information. Notre première préoccupation s'intéressait donc à la problématique de changement organisationnel

et à la résistance au changement que nous pensions être importantes au vu de l'ampleur des évolutions techniques et organisationnelles qu'allait devoir absorber l'ALAT<sup>19</sup>.

Toutefois, et à l'image du principe de sérendipité, il est apparu lors d'expérimentations sur des simulateurs tactiques visant à répondre à cette première problématique que **les équipages ne développaient pas de résistance particulière mais recombinaient les ressources naissantes de multiples technologies, dont certaines étaient externes au MPME, pour réaliser et optimiser leur travail.** Il fallait donc sortir de ce cadre expérimental afin de s'intéresser aux situations naturelles.

Après une revue de littérature académique et professionnelle concernant la dynamique d'appropriation des technologies consacrée à la compréhension des processus d'émergence des usages non prescrits, nous avons décidé de les caractériser selon le concept de bricolage de Ciborra (1992).

Le terme de bricolage exprime d'une manière remarquable nos constatations puisque pour Ciborra, il est « **un ensemble de pratiques basées sur du matériel de seconde main mobilisé afin de construire une structure ou un artefact lorsque rien de plus approprié n'est à la disposition des acteurs** ».

Ce terme de bricolage est régulièrement utilisé en langue française par de nombreux auteurs pourtant anglophones comme Ted Baker, Reed Nelson ou Karl Weick car il n'a pas de sens équivalent en anglais. Il exprime à la fois l'idée de « *tinkering* » et de sérendipité. Notre question de recherche est donc la suivante :

### Question de recherche

**Comment la prise en compte des usages émergents d'une Technologie de l'Information peut participer à l'évolution du Système d'Information ?**

La troisième étape a servi à identifier les différentes analyses théoriques des bricolages en répondant à la première sous-question de recherche suivante :

---

<sup>19</sup> Ces changements concernent aussi l'environnement organisationnel de l'ALAT via par exemple la création des Bases de Défense qui sont chargées de l'administration générale et du soutien commun.

**1<sup>ère</sup> sous-question de recherche**

**Quelles peuvent-être les différentes approches théoriques des bricolages ?**

Nous avons appliqué aux bricolages la grille de lecture des positions de recherche envers la technologie présentées par Orlikowski (2007; 2009) :

- l'approche **technocentrée des bricolages** « *top-down* » (la technologie comme force exogène) dans laquelle nous intégrons le concept de satisfaction sous-jacent à celui d'acceptation proche d'une ligne de conduite plus « *bottom-up* ». En effet ces deux prismes d'analyse ont mené au même constat d'évolution technique et se sont rencontrées à compter de la phase d'implémentation des premiers dispositifs de Préparation de Mission (PM) numérisés monolithiques (début des années 2000) jusqu'à la mise à disposition de la première version du MPME (2008) ;
- l'approche **sociotechnique des bricolages** par le concept d'appropriation (le processus émerge des interactions entre la technologie et le social) lors de la mise en œuvre opérationnelle du MPME de 2009 à 2011 ;
- l'approche **sociomatérielle des bricolages** depuis le début 2012 et après l'utilisation du MPME en temps de crise. Ce cadre théorique nous propose de dépasser la vision duale du SI tout en réintégrant la matérialité de la technologie.

Toutefois, et afin de pouvoir analyser des bricolages, il a d'abord fallu mettre en place une méthode de RETEX apte à les rendre visibles car ils n'apparaissent que rarement (ou de manière tronquée) avec les dispositifs de RETEX officiels et organisationnels. Dans cette quatrième phase, nous avons donc cherché à répondre à la seconde sous-question de recherche suivante :

**2<sup>nd</sup> sous-question de recherche**

**Quelle procédure de retour d'expérience est la plus pertinente pour observer *in situ* les bricolages ?**

Pour ce faire, et compte-tenu des obstacles à la remontée d'informations identifiés suite à 54 entretiens semi-directifs, nous avons décidé d'adapter la méthode de *Lessons learned* de l'OTAN qui a pour avantages de placer au cœur du RETEX des observateurs dédiés et de

fournir des outils simples de traitement des constatations. Plusieurs mois d'observations des pratiques quotidiennes réalisées dans des conditions réelles (interventions en Afghanistan et en Libye, exercices majeurs de l'École de l'ALAT, etc.) ont permis de mettre à jour de nombreux bricolages pouvant se classer dans trois rubriques « génériques » :

- **l'usage de dispositifs matériels ou logiciels non répertoriés** (c'est-à-dire non officiels) ;
- **l'hybridation des méthodes anciennes avec les fonctionnalités nouvelles des technologies** ;
- **l'emploi entrecroisé des outils de préparation de mission avec les simulateurs tactiques**, qui compte-tenu de leur emploi détourné, sont considérés dans nos travaux comme des Technologies de l'Information à part entière ;

## Section 2.2

### Cadre épistémologique

**Le choix délibéré du cadre épistémologique du Réalisme Critique a été une étape décisive dans nos travaux. Il est le fruit d'un travail réflexif, conséquent et complexe qui a débouché sur une construction cohérente de l'ensemble de notre recherche.**

Le Réalisme Critique (RC) est un courant de pensée philosophique et épistémologique qui fait suite aux travaux de Roy Bhaskar à la fin des années 80. Le concept fondamental proposé par ce penseur est l'indépendance du monde et des réflexions que nous avons de lui. Le RC se pose en alternative aux paradigmes épistémologiques (post-)positivistes, interprétativiste et constructivistes selon Guba et Lincoln ou pragmatique (Wynn & Williams, 2012; Sayer, 2000; Walliman, 2011; Avenier, 2011; Avenier & Gavard-Perret, 2012). Il propose notamment le dépassement du réalisme naïf (Smith, 2006), de l'erreur épistémique ou « *epistemic fallacy* » (Mingers, 2004; Bhaskar, 1998) qui consiste à confondre le niveau ontologique (la nature du réel) avec le niveau épistémologique (la relation sujet/objet de la recherche) et plus généralement de l'erreur anthropique ou « *anthropic fallacy* » (Mongers, 2001). Mais surtout, il souhaite supplanter le clivage entre les sciences naturelles ou exactes et les sciences sociales en postulant l'existence d'une réalité ontologique indépendante des sujets qui l'observent (dimension intransitive) mais admet aussi, au niveau épistémologique, la phénoménologie du réel (dimension transitive) et la logique herméneutique, donc la subjectivité de la connaissance humaine (Easton, 2010). Cette dernière est par conséquent faillible et médiatisée par les structures sociales auxquelles le chercheur ou le simple observateur appartient (culture, histoire, convictions notamment).

Pour comprendre ce principe, le RC propose une ontologie stratifiée en trois niveaux imbriqués. Ce cadre fonctionne d'une manière identique pour le monde physique et pour le monde social malgré une différence de nature des phénomènes (Mingers, 2004). Concernant le monde social, on trouve :

- le **réel (parfois qualifié de « profond »)** inaccessible directement qui inclut les mécanismes générés par les structures des entités et leurs relations (acteurs humains, objets physiques, logiciels, etc.) ;

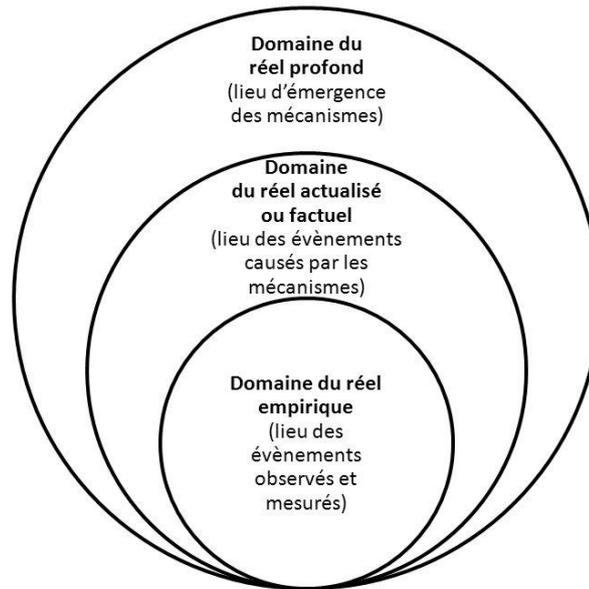
- le **réel actualisé (ou factuel)** qui intègre les évènements émergents et contingents (ou du moins spécifiques au contexte géo-historique) provenant des mécanismes actifs dans le domaine du réel (notion de conditions causales non régulières puisque le monde social ne peut pas être dans un quelconque système expérimental « fermé ») ;
- le **réel empirique**<sup>20</sup> qui contient les évènements accessibles par nos sens et donc potentiellement mesurables (figure 2).

Par exemple, les bricolages que nous étudions dans ce document sont visibles par nos sens, ils font donc partie du réel empirique. Un des objectifs de notre recherche est donc de déterminer quels sont les mécanismes sous-jacents qui expliquent l'émergence de ces évènements (Hédoin, 2010). Dans ce cas précis, le niveau ontologique du réel est « réel » parce que des structures sociales impactent l'action humaine d'une manière observable. Par comparaison, en sciences exactes, la mise en stationnaire d'un hélicoptère se situe dans le domaine empirique, la compensation du poids de l'aéronef par la force de portance est un des mécanismes qui explique la capacité d'un hélicoptère à se sustenter d'une manière autonome. Mais il n'est pas le seul puisque d'autres mécanismes non observables peuvent rentrer en compte comme la force et la direction du vent, l'effet de sol, l'effet de vortex, etc.

Ces deux exemples montrent que malgré des phénomènes étudiés différents, le cadre d'explication du RC est commun puisqu'il est question de mécanismes non observables directement. Le RC postule donc que dans ces deux cas, les connaissances élaborées sont faillibles et nécessitent une rétroaction (abduction) afin d'affiner l'explication par la proposition perpétuelle de nouvelles inférences sous formes d'hypothèses qu'il conviendra par la suite de tester. Hédoin (2010) précise à ce titre que la « conception structurée du monde social et du monde naturel développée par le RC implique une reconsidération de l'objectif de la science : plutôt que de prédire l'occurrence d'évènements à partir de la découverte de régularités déterministes, il s'agit au contraire de mettre au jour les mécanismes causaux issus des structures sous-jacentes » ; ces explications obtenant alors le statut de « plausibles » (Avenier & Gavard-Perret, 2012).

---

<sup>20</sup> Ce niveau ne doit pas être confondu avec l'empirisme qui indique que l'expérience sensible est à l'origine d'une connaissance valide (inductivisme).



**Figure 2. L'ontologie stratifiée du Réalisme Critique.**

Deux raisons nous ont amené à choisir ce cadre épistémologique. Tout d'abord, les principes du RC nous ont semblé pertinents pour opérationnaliser le concept de sociomatérialité. En effet, si les auteurs de cette notion nous indiquent que le dépassement de la vision duale technologie / social est nécessaire, ou du moins potentiellement bénéfique, ils ne nous expliquent pas comment procéder. Par conséquent le passage du niveau sociotechnique à celui de la sociomatérialité s'avère extrêmement difficile à conceptualiser et encore plus délicat à concrétiser pour aider les praticiens. Le RC, grâce à la stratification ontologique du monde social, peut dans notre contexte être considéré comme un puissant outil nous permettant d'atteindre ce niveau sociomatériel : l'objectif est de réaliser une montée en abstraction afin d'intégrer dans les débats entre praticiens (développeurs, *key-users*, *end-users*, etc.) des plausibles « entités » fondamentales mais non observables ou non mesurables afin de participer à l'évolution du Système d'Information par la prise en compte des bricolages. Cette démarche outrepasserait avantageusement le couple technologie / social ainsi que sa « sur-focalisation ».

La seconde raison du choix du RC est d'ordre épistémologique et plus personnel. Nous acceptons volontiers la possibilité que nos résultats soient faillibles et qu'il soit nécessaire de réaliser de nouvelles inférences réductives afin d'améliorer ou de remettre en cause certaines parties de nos travaux.

**Encadré 2**

**Synthèse du chapitre 2**

**Notre problématique générale s'intéresse aux effets de l'implémentation des Technologies de l'Information et de la Communication dans l'armée de Terre française.**

**Notre niveau d'analyse est celui de la patrouille d'hélicoptères de combat, c'est-à-dire d'un groupe constitué de 5 à 13 personnes réparties en 2 ou 3 équipages et soutenues par une personne experte de l'utilisation du MPME.**

**Notre recherche qualitative au sens de Yin (2011) est de type étude de cas unique longitudinale.**

Il est apparu lors d'expérimentations sur des simulateurs tactiques visant à répondre à cette première problématique que **les équipages ne développaient pas de résistance particulière mais recombinaient les ressources naissantes de multiples technologies, dont certaines étaient externes au MPME, pour réaliser et optimiser leur travail.** Il fallait donc sortir de ce cadre expérimental afin de s'intéresser aux situations naturelles.

Le terme de bricolage exprime d'une manière remarquable nos constatations puisque pour Ciborra, il est « **un ensemble de pratiques basées sur du matériel de seconde main mobilisé afin de construire une structure ou un artefact lorsque rien de plus approprié n'est à la disposition des acteurs** ».

**Question de recherche**

**Comment la prise en compte des usages émergents d'une Technologie de l'Information peut participer à l'évolution du Système d'Information ?**

**1<sup>ère</sup> sous-question de recherche**

**Quelles peuvent-être les différentes approches théoriques des bricolages ?**

**2<sup>nd</sup> sous-question de recherche**

**Quelle procédure de retour d'expérience est la plus pertinente pour observer *in situ* les bricolages ?**

**Le choix délibéré du cadre épistémologique du Réalisme Critique a été une étape décisive dans nos travaux. Il est le fruit d'un travail réflexif, conséquent et complexe qui a débouché sur une construction cohérente de l'ensemble de notre de notre recherche.**

## **Chapitre 3**

# **L'Aviation Légère de l'Armée de Terre, une Arme en mutation**

## **Chapitre 3**

### **L'Aviation Légère de l'Armée de Terre, une Arme en mutation**

La première section présente l'Aviation Légère de l'Armée de Terre et en particulier les changements technologiques et organisationnels amorcés au début des années 2000. La seconde section modélise selon une complexité croissante une mission type d'aérocombat.

## Section 3.1

### L'ALAT, état des lieux

« De la terre et par le ciel »

Devise de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre

---

#### 3.1.1. Structure de l'Arme

**L'Aviation Légère de l'Armée de Terre est la composante aérienne de l'armée de Terre.**  
Elle est composée majoritairement d'hélicoptères.

L'ALAT est créée le 22 novembre 1954, soit quatre mois après les accords de Genève mettant fin à la guerre d'Indochine (Martini, 2005). Toutefois, elle reste intégrée historiquement à l'artillerie et ne deviendra une Arme à part entière que le 21 juillet 2003<sup>21</sup>. Aujourd'hui, l'ALAT possède 310 hélicoptères, soit près de 70% du parc des hélicoptères du ministère de la défense ou 2/3 des hélicoptères étatiques. Elle est le premier opérateur d'hélicoptères français et réalise près de 90 000 heures de vol par an (dont 20 000 pour la formation initiale et comptabilise 8 500 000 heures de vol depuis 1958). Elle comprend 5 500 personnes dont 1 300 Personnels Navigants (PN) : pilotes et Mécaniciens Volants sur Appareils à Voilures Tournantes (MVAVT). L'ensemble de ces moyens est réparti selon plusieurs types de formations :

- des **Régiments d'Hélicoptères de Combat** ou RHC depuis 1977. Actuellement ils sont au nombre de quatre : le 1<sup>er</sup> RHC de Phalsbourg, le 3<sup>ème</sup> RHC d'Étain, le 5<sup>ème</sup> RHC et le 4<sup>ème</sup> Régiment d'Hélicoptères des Forces Spéciales (RHFS) basés tous deux à Pau. Un régiment est hiérarchisé en plusieurs bataillons puis escadrilles, au sein desquelles réside le niveau patrouille (2 à 3 hélicoptères) ;

---

<sup>21</sup> Arrêté n°726 du 1er juillet 2003 relatif aux principes de gestion du personnel militaire de l'armée de Terre, ([http://www.boc.sga.defense.gouv.fr/visu/boc\\_visu4.php?nor=T0351540A&id=842](http://www.boc.sga.defense.gouv.fr/visu/boc_visu4.php?nor=T0351540A&id=842)) BOC/PP n°30 du 21 juillet 2003.

- l'**École de l'ALAT** (EALAT) composée de :

- la **Base École Général Navelet** (BEGN) de Dax créée en 1957. Elle compte 400 personnes et a pour vocation principale de préparer les élèves pilotes qui sortent des écoles militaires au *Commercial Pilot Licence Helicopter*<sup>22</sup> ou JAR CPL(H). On trouve aussi les formations des Instructeurs Pilotes Hélicoptères (FIH) et d'autres spécialités comme les Instructeurs Sol du Personnel Navigant (ISPN) et les Contrôleurs de Circulation Aérienne (CCA). À noter que la BEGN forme par ailleurs les pilotes d'hélicoptères de la Belgique dans le cadre d'un protocole international ;
- la **Base École Général Lejay** (B EGL) du Cagnet-des-Maures. Créée en 1963 et regroupant environ 600 personnes, elle est agencée pour la réalisation des formations opérationnelles, c'est-à-dire tactiques et sur les systèmes d'armes : « ensemble comportant une ou plusieurs armes, ainsi que l'équipement, le matériel, les services, le personnel, les moyens de déplacement et de lancement nécessaires à son autonomie » (Centre de Doctrine d'Emploi des Forces, 2008b). La BEGL inclut le **Centre de Vol en Montagne** (CVM) de Sainte-Léocadie ;
- la partie française de l'**École Franco-Allemande** (EFA) et le **Centre de Formation InterArmées** (CFIA), colocalisés au Cagnet-des-Maures (encadré 3), sont destinés aux instructions dédiées respectivement à la nouvelle génération d'hélicoptères EC 665 Tigre et NH 90 TTH Caïman (*Tactical Transport Helicopter* : version ALAT du NH 90, la version marine est le NFH pour *Nato Frigate Helicopter*) ;

### Encadré 3

#### L'École Franco-Allemande et le Centre de Formation InterArmées en chiffres

L'EFA est constituée pour moitié de personnels allemands et pour moitié de personnels français (300 personnes en tout). Elle a ouvert ses portes le 1er juillet 2003 et doit former les équipages de conduite de l'EC 665 Tigre. Le centre de formation franco-allemand de Fassberg en Allemagne assure la formation des mécaniciens et techniciens au sol spécialisés

<sup>22</sup> Licence professionnelle européenne et civile de pilote d'hélicoptère permettant d'être rémunéré pour le travail aérien.

sur TIGRE avant leur affectation en école ou en régiment dans des postes du domaine de maintenance.

Le **CFIA** est un Organisme à Vocation InterArmées (OVIA) créé le 1er juillet 2010. Sa mission consiste à assurer la formation des équipages de conduite de l'hélicoptère NH 90 et du personnel technico-logistique pour l'armée de Terre et la Marine nationale. Il comprendra environ 170 personnes en 2013.

- la **Division Technique Aéromobilité** (DTA) des Écoles Militaires de Bourges (EMB) chargée de la formation des spécialistes de la maintenance aéronautique de l'armée de Terre et de la gendarmerie ;
- des **états-majors** : le commandement de l'ALAT (COMALAT) de Villacoublay et la Division Aéromobilité du Commandement des Forces Terrestres (CFT) de Lille. Les Forces Terrestres sont les « composantes organiques de l'armée de Terre regroupant les éléments qui ont vocation à exécuter directement une mission opérationnelle » (Centre de Doctrine d'Emploi des Forces, 2008) ;
- des **détachements permanents à l'étranger** : le détachement ALAT (DETALAT) du Gabon à Libreville et le bataillon ALAT (BATALAT) de Djibouti. Ce dernier participe notamment à la lutte anti-piratage au niveau de la corne de l'Afrique ;
- des **entités spécialisées** : le Groupement Aéromobile des Services Techniques de l'Armée de Terre (GAMSTAT) de Valence qui s'occupe de la définition des besoins en nouveaux matériels et réalise l'ensemble des expérimentations techniques dès leur livraison. La 11<sup>ème</sup> Base de Soutien du Matériel (11<sup>ème</sup> BSMAT) de Montauban équipée de 5 avions de type PC 6 Pilatus organisée afin de gérer la maintenance et l'approvisionnement en rechanges de l'ALAT. Enfin, on notera la présence de 8 avions de type TBM 700 composant l'Escadrille Avions de l'Armée de Terre (EAAT) de Rennes dont la mission principale est le transport des plus hautes autorités de commandement en France et en Europe.

#### Encadré 4

#### Culture d'Arme

Malgré sa jeunesse, l'ALAT possède un certain nombre de symboles et d'attributs qui permettent de fédérer ses personnels et de créer une forte cohésion communautaire. On trouve notamment le Père de l'Arme (le commandant de l'ALAT), une devise « de la Terre et par le Ciel », le musée de l'ALAT et de l'hélicoptère de Dax, une sainte patronne (Sainte Clothilde), les « ailes » sur les insignes métalliques, le chant de l'ALAT (l'Azur de nos bérets), un lieu de recueillement au Cannet des Maures, un colloque annuel (les Journées de l'AéroCombat ou JAC), une coiffure (le béret bleu), la cérémonie de début de cycle de formation, des revues et des associations d'entraide.



**Figure 3. Insigne de brevet métallique ALAT (ISPN).**

**Commentaires de la figure 3 :** comme tout insigne de l'ALAT, ce brevet possède deux ailes couleur or. La matrice verte représente la simulation, les trois couleurs (bleu, blanc et rouge), la fonction d'instructeur et les étoiles le Personnel Navigant. Cependant, cet insigne est celui des Instructeurs Sol du Personnel Navigant (ISPN) qui, comme nous le verrons plus tard, ne sont pas des PN : la présence de ces étoiles indique que ces formateurs ont comme mission principale l'instruction des pilotes.

### 3.1.2. Principes d'emploi des aéronefs<sup>23</sup>

*« L'ALAT est plus que jamais l'arme de la surprise tactique au ras du sol »*

*Général de brigade Yann Pertuisel, COMALAT de 2010 à 2012*

---

<sup>23</sup> La plupart des informations présentée dans ces chapitres est issue des documents fondateurs de la doctrine officielle des Forces Terrestres Françaises. Ils sont disponibles et téléchargeables librement dans la rubrique « Documents fondateurs » sur le site internet du Centre de Doctrine d'Emploi des Forces : [www.cdef.terre.defense.gouv](http://www.cdef.terre.defense.gouv).

### **a. La fonction « Contact »**

**L'ALAT fait partie de la fonction « contact » avec l'infanterie (combat débarqué) et l'Arme Blindé Cavalerie (combat embarqué).**

À ce titre, la fonction « contact » réunit les militaires directement aux prises avec les forces rivales. Elle est dédiée à la conquête de l'ascendant sur l'adversaire par une « combinaison de manœuvres tactiques et d'application des feux. Cette manœuvre au contact consiste donc à combiner l'engagement de ses trois composantes afin d'atteindre l'effet recherché en bénéficiant de l'action des armes d'appui » (Auriault, 2011). Les Armes d'appui sont l'artillerie sol/sol, le génie, la guerre électronique et la défense sol/air.

#### **- Le combat débarqué**

Le combat débarqué est mené essentiellement par l'infanterie. L'objectif est la conquête, la défense, le contrôle du milieu dans la durée, la destruction ou la capture de l'ennemi dans les zones difficiles et l'action au contact des populations.

#### **- Le combat embarqué**

Le combat embarqué correspond aux actions des unités blindées (chars de combat Leclerc par exemple). Il permet une action décisive et brutale, le combat de rencontre, les actions de reconnaissance et de renseignement, dans les milieux ouverts en particulier, sur de grandes distances et à des rythmes rapides.

#### **- L'aérocombat**

Le combat de l'ALAT s'appelle l'aérocombat (de Durand, et al., 2011).

**L'aérocombat exprime l'idée d'intégration complète des hélicoptères de combat (avec leurs missions, leurs modes d'action, etc.) au sein de la manœuvre tactique interarmes (tableau 3 et encadré 5) qui devient par conséquent la manœuvre aéroterrestre ou tridimensionnelle terrestre.**

Le terme de « manœuvre » doit être compris ici comme « l'emploi des forces sur le champ de bataille combinant le mouvement avec le feu effectif ou potentiel en vue de se mettre en position favorable par rapport à l'ennemi pour accomplir la mission donnée »

(Centre Interarmées de Concepts, de Doctrine et d'Expérimentations, 2012). L'objectif principal est d'apporter les avantages de l'aéromobilité aux interventions terrestres, c'est-à-dire « une expansion et un décloisonnement de l'espace, tout en offrant une contraction du temps » (Général commandant l'École d'Application de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre, 2008). Une opération aéromobile se définit comme :

- une **opération de « transport »** dans laquelle des unités combattantes et leur équipement effectuent un mouvement en aéronef sur le champ de bataille pour être engagées dans un combat terrestre ;
- une **opération de « combat »** dans laquelle des hélicoptères armés manœuvrent de façon autonome ou en appui d'unités engagées à terre.

Enfin, la sauvegarde terrestre est le second cadre d'engagement de l'ALAT en plus de l'aérocombat. Elle couvre les actions réalisées par l'armée de Terre sur le territoire national en soutien de la défense civile. Deux exemples méritent d'être cités :

- **intervention lors des inondations** de juin 2010 dans le département du Var (Région Provence – Alpes – Côte d'Azur) ;
- **plan Héphaïstos** : renforcement du dispositif contre les feux de forêts chaque été.

## **b. Niveaux décisionnels et manœuvre aéroterrestre**

**Tableau 3. Différences de niveaux décisionnels militaires et managériaux.**

| <b>Niveaux militaires</b> | <b>Niveaux managériaux</b> |
|---------------------------|----------------------------|
| Niveau stratégique        | Niveau stratégique         |
| Niveau opératif           | Niveau tactique            |
| Niveau tactique           | Niveau opérationnel        |

Selon l'ouvrage de référence militaire *Tactique Générale* (2008), le niveau stratégique est celui de la conception, de la préparation et de la conduite générale des opérations menées sur différents théâtres ; la conduite des opérations se définissant comme « l'art de diriger, de coordonner, de contrôler et d'ajuster les actions des forces pour atteindre les objectifs fixés » (Centre Interarmées de Concepts, de Doctrine et d'Expérimentations, 2012). Le niveau

opératif est celui auquel les opérations sont planifiées, conduites et soutenues sur un théâtre d'opérations déterminé (encadré 5), en vue d'obtenir l'effet voulu et d'atteindre un objectif militaire donné. Il s'agit donc du niveau de coopération et de coordination des actions interarmées, dont la responsabilité incombe au commandant de théâtre. Enfin, le niveau tactique est celui auquel sont préparées, conduites et exécutées les manœuvres en vue d'atteindre les objectifs définis par le commandant de théâtre. Plus prosaïquement, la tactique est « l'art de disposer les troupes au contact de l'ennemi ». La responsabilité en incombe, pour les forces terrestres, au commandant de la composante terrestre. La manœuvre tactique est partie intégrante de la manœuvre opérative interarmées et les forces terrestres assurent trois finalités tactiques : contraindre l'adversaire, contrôler le milieu et influencer les perceptions (Centre de Doctrine d'Emploi des Forces, 2008a).

Les trois caractéristiques de la manœuvre aéroterrestre issues des conflits actuels (principalement l'Irak et l'Afghanistan) et proposées par Bihan (2012) sont l'éclatement des actions de combat menées localement pour atteindre des objectifs locaux limités, l'absence de linéarité des fronts (structure archipélagique ou lacunaire des théâtres d'opérations) et le maillage des bases agencées comme des hubs logistiques (avec notamment la mise en place de FOB ou *Forward Operating Bases*). Selon l'auteur, cette vision de la manœuvre aéroterrestre devra évoluer car elle est trop spécifique aux engagements actuels.

#### Encadré 5

##### Le combat interarmes et le théâtre d'opérations

« Le combat **interarmes** combine au sein de structures tactiques les effets de fonctions opérationnelles (les « Armes ») habituellement réparties dans des unités distinctes. Clé de l'intégration interarmées, sa maîtrise permet au commandant d'une opération de disposer d'une force aéroterrestre agissant de manière cohérente au sol et près du sol tout en assurant la complémentarité avec les autres armées. » (Armée de Terre, 2007).

Un **théâtre d'opération** est un « espace géographique délimité dans lequel une force opère pour remplir une mission fixée par l'autorité stratégique » (Centre Interarmées de Concepts, de Doctrine et d'Expérimentations, 2012) .

### **c. Les vols particuliers de l'ALAT**

**Afin de remplir leurs missions, les équipages de l'ALAT pratiquent le vol de combat et le vol tactique.** Si le premier est d'ordre très général et traite de l'ensemble des procédés de vol que les équipages utilisent en fonction de la situation sur le terrain, le concept de vol tactique est plus spécifique. Il consiste à utiliser le terrain pour se protéger des vues et des coups de l'ennemi en adaptant la vitesse et les trajectoires en fonction des obstacles de l'environnement physique, c'est-à-dire en empruntant en sécurité des itinéraires non reconnus. Le vol tactique est la « marque de fabrique » de l'ALAT. Il est enseigné par des instructeurs français à de nombreuses unités militaires étrangères. **Il se démarque du vol tactique de l'armée de l'air par sa proximité avec le sol puisqu'il se déroule en dessous de 50 mètres ou 150 pieds de hauteur<sup>24</sup>.**

Ce point nous permet d'introduire les notions de sécurité et de sûreté. La sécurité est, pour notre étude, relative au vol en lui-même : on parlera plus spécifiquement de « sécurité des vols », c'est-à-dire de l'ensemble des activités destinées à réduire les risques d'accidents aériens. La sûreté relève de la présence de forces adverses dans le compartiment de terrain où l'aéronef évolue. **Le vol tactique est donc un compromis permanent entre la sécurité et la sûreté.** Ces notions militaires de sécurité et de sûreté se retrouvent dans le domaine civil puisque la première concerne les dangers et risques involontaires (généralement internes à l'organisation comme des pannes matérielles) et la seconde les dangers et risques volontaires (généralement externes à l'organisation comme des attentats).

En termes militaires mais non aéronautiques, la notion de sécurité est très proche de celle de sûreté car elle correspond aux « mesures requises pour assurer la protection contre l'espionnage, le sabotage, la subversion et le terrorisme, ainsi que contre les pertes ou les divulgations non autorisées » (Centre Interarmées de Concepts, de Doctrine et d'Expérimentations, 2012). Dans notre contexte nous classerons ce principe dans la problématique de la sûreté afin de ne conserver le terme de sécurité que dans son aspect aéronautique (c'est-à-dire la sécurité des vols).

---

<sup>24</sup> Une hauteur se donne par rapport au sol et une altitude par rapport au niveau de la mer.

### 3.1.3. Évolutions en cours

**De nombreux chantiers organisationnels et technologiques sont actuellement menés de front par l'ALAT** ; les plus emblématiques étant le remplacement de son parc d'hélicoptères par des appareils de nouvelle génération, la mise en place d'une simulation couvrant l'ensemble du spectre des missions et l'implémentation des outils liés au combat en réseau ou infocentré (Maulny, 2006).

Plusieurs autres projets importants (que nous n'aborderons pas ici) sont en cours dont la navigabilité et la mise en place de la structure bataillonnaire (organisation du régiment en bataillons homogènes et cohérents). La « navigabilité » se définit comme l'aptitude d'un aéronef (avion ou hélicoptère) à effectuer sa mission dans des conditions acceptables de sécurité vis à vis des équipages, des personnes et des biens transportés mais également des autres usagers de l'espace aérien ainsi que des biens et des personnes survolés. La démarche comporte la certification des aéronefs, l'agrément des organismes et les licences de maintenance aéronautique (source : armée de l'air).

#### **a. Une nouvelle génération d'aéronefs**

Deux nouveaux hélicoptères de dernière génération ont été mis en service récemment : l'EC 665 Tigre HAP (Hélicoptère Appui-Protection) et l'EC 120 Calliope (Eurocopter, encadré 6). La version du Tigre HAD (Hélicoptère Appui-Destruction) remplacera ensuite progressivement les SA 342 M1 Gazelle VIVIANE<sup>25</sup> armés de missiles air/sol HOT (ces derniers arriveront en fin de vie en 2015) en emportant des missiles HELLFIRE d'origine américaine.

Le Calliope est devenu l'hélicoptère préposé à la formation de base délivré à l'École de l'ALAT de Dax. Il est intéressant de noter que l'armée n'est pas propriétaire des EC 120 Calliope (anciennement NHE pour Nouvel Hélicoptère École). En effet, l'État loue ces appareils et sous-traite leur maintenance à la société Hélidax dans le cadre d'un Contrat Partenariat État (CPE). Toutefois, les équipages, donc les instructeurs, restent militaires : on parle à ce sujet d'externalisation des moyens aériens et pas d'externalisation de la formation.

---

<sup>25</sup> VIseur Valorisé par Intégration d'une Adaptation de Nuit avec Écartométrie.

### Encadré 6

#### Sud-Aviation, AéroSpatiale et Eurocopter

- **Sud-Aviation** est un constructeur aéronautique français né le 1<sup>er</sup> mars 1957 de la fusion entre la Société Nationale des Constructions Aéronautiques du Sud-Ouest (SNCASO) et de la Société Nationale des Constructions Aéronautiques du Sud-Est (SNCASE). En 1970, Sud-Aviation fusionne avec Nord-Aviation et la SEREB pour créer la Société Nationale Industrielle AéroSpatiale (SNIAS), dite « **Aérospatiale** ».

- L'entreprise **Eurocopter (actuellement dans le groupe EADS)** est née en 1992 de la fusion de la division Hélicoptère de l'Aérospatiale avec son partenaire allemand, la division Hélicoptères de Daimler Chrysler Aerospace AG. La nomenclature d'Eurocopter est la suivante : 100 pour un hélicoptère civil, 600 pour un hélicoptère militaire. Le chiffre des dizaines représente le poids de l'appareil et les unités indiquent s'il possède un ou deux moteurs (chiffre 5). À titre d'exemple, l'EC 665 Tigre est un hélicoptère militaire (600), de classe 6 tonnes (+ 60) et intègre 2 moteurs (+ 5).

Un troisième aéronef est en cours de livraison, il s'agit du NH 90 TTH Caïman (*Nato Helicopter Industries*<sup>26</sup>). Hélicoptère de Manœuvre et d'Assaut (HMA), il remplacera les SA 330 Puma pour l'hélicoptère transport (transport de matériels ou de personnes en zone sécurisée) et l'hélicoptère de transport (transport de matériels ou de personnes en zone de combat).

Enfin, le programme HIL (pour Hélicoptère Interarmées Léger) cristallise actuellement toutes les attentions : « appelé à devenir l'hélicoptère à tout faire des armées françaises à l'horizon 2020, le HIL sera notamment au cœur du processus de modernisation de l'ALAT, dont les Gazelle sont tout sauf éternelles » (Steuer, 2012).

La complexité de ces systèmes d'armes et leurs coûts d'exploitation extrêmement élevés ont amené l'ALAT à lancer en parallèle de ces programmes d'armement une politique de simulation innovante et extrêmement ambitieuse.

---

<sup>26</sup> NHI est un consortium industriel regroupant quatre industriels européens : Eurocopter France, Eurocopter Deutschland, Agusta-Westland et Stork-Fokker.

## **b. Une simulation de grande envergure**

En moins de dix années, de 2000 à 2010, l'ALAT est devenue une référence mondiale dans le domaine de la simulation aéronautique militaire et civile, que ce soit quantitativement mais aussi qualitativement. Elle est l'unique organisation aéronautique militaire française à posséder le spectre exhaustif des systèmes de simulation pilotés. On trouve, entre autres, des systèmes collectifs de formation tactique EDITH (Entraîneur Didactique Interactif Tactique Hélicoptère<sup>27</sup>) avec des cockpits génériques, des sphères *Full Mission Simulators*<sup>28</sup> (FMS) représentant à l'identique et à l'échelle 1 les cockpits complets et des *Serious Games* comme *Virtual Battlespace 2* (Bohemia Interactive) ou Microsoft *Flight Simulator*. Les équipages ont un accès aisé à l'ensemble de ses moyens car chaque régiment et école détient un centre de simulation : on parle de simulation décentralisée pour les régiments et de simulation centralisée pour les écoles.

Afin d'optimiser l'usage de ces matériels complexes, deux nouveaux métiers furent créés : l'Opérateur Sol du Personnel Navigant (OSPN, pour les militaires du rang qui souhaitent se réorienter dans leur seconde partie de carrière) et l'Instructeur Sol du Personnel Navigant (ISPN, officier et sous-officier). Pour l'ISPN, le recrutement se fait au niveau du baccalauréat et permet une carrière de sous-officier (puis officier par recrutement interne). Ce sont les spécialistes de la pédagogie en général et de la formation via la simulation en particulier. Les ISPN participent également à la mise en œuvre des moyens de simulation afin de permettre aux équipages de réaliser près de 60 000 heures de vol simulées par an à compter de 2016 (100 000 réalisées depuis l'origine de la simulation). Cette montée en puissance de la simulation est très marquée par exemple dans la formation Caïman (Sartini, 2012) où 84% de l'enseignement se fera sur différents simulateurs (principalement *Full Flight Simulator*, *Medium Range Training Device* et *Part Task Trainer*). À titre de comparaison dans d'autres

---

<sup>27</sup> Voir l'annexe 8 « Système de simulation distribuée EDITH V3 ».

<sup>28</sup> Il n'est pas nécessaire d'avoir une sphère par type d'hélicoptère, le système RoRo (Roll-on Roll-off) permet de changer le cockpit en conservant l'environnement du simulateur (système de projection, *Instructor Operating Station* ou IOS, etc.). Toutefois, dans le cas d'un hélicoptère en tandem comme le Tigre, deux sphères sont obligatoires afin d'éviter les problèmes de parallaxes : une sphère pour le pilote et une sphère pour le chef de bord.

formations, les ratios sont de 27% pour la formation initiale à la BEGN, 41% pour les formations tactiques et techniques de la BEGL et 63% pour les formations sur Tigre à l'EFA.



**Figure 4. Part Task Trainer « enhanced » NH 90 Caïman.**

Les maintenanciers ne sont pas oubliés et recevront prochainement les *Virtual Maintenance Trainers* (VMT), environnements informatiques destinés à l'apprentissage de la détection et de la localisation des pannes. Enfin des maquettes grandeur nature des aéronefs complètent ces dispositifs de formation et d'entraînement comme par exemple le projet Matéose (Maquettage du Tigre pour l'Entraînement aux Opérations de Sauvetage des Équipages) ou le *Training Rig* pour le NH 90 TTH Caïman. Un *Learning Management System* complet sera mis en place pour la formation des maintenanciers afin de suivre leur progression d'apprentissage au travers de la pluralité de ces moyens à disposition.

### **c. Numérisation des unités ALAT**

La troisième évolution traite de la numérisation des unités ALAT ou NumALAT, c'est-à-dire de leur intégration dans les opérations réseaux-centrées. Nous rappelons que le terme de « numérisation » fait appel à deux principes : la dématérialisation de pratiques ou de certains

outils (annotations spatiales<sup>29</sup>, cartes, feutres, etc.) et la mise en réseau au sein d'une ou de plusieurs Liaisons de Données Tactique (LDT) des unités militaires (encadrés 7 et 27). Nos travaux portant sur un des dispositifs techniques de la NumALAT, nous aurons l'occasion de détailler plus précisément l'ensemble de ces concepts dans les quatrième et cinquième chapitres de ce document.

**Encadré 7**

**La numérisation selon le CICDE**

La définition officielle de la **numérisation** par le Centre Interarmées de Concepts, de Doctrines et d'Expérimentations ou CICDE (2012) ne parle pas explicitement de la partie « réseau ». Elle est « l'adaptation des possibilités techniques offertes par les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) et leur mise en œuvre coordonnée en vue d'optimiser l'efficacité globale des forces, en particulier dans le domaine de la prise de décision, de l'exécution de la manœuvre et du traitement de l'information ».

Les **LDT** sont des moyens normalisés d'échanges automatiques d'informations tactiques entre des systèmes de combat, ou centres de commandement interarmées et/ou interalliées, en temps réfléchi ou temps réflexe (encadré 17).

**3.1.4. Terrain de recherche**

**Notre recherche s'est déroulée au centre de simulation de la Base École Général Lejay où nous avons eu respectivement comme fonctions depuis 2005 :**

- **de 2005 à juin 2008** : instructeur NumALAT ;
- **de juillet 2009 à juin 2012** : responsable formation NumALAT ;
- **depuis juillet 2012** : adjoint au commandant du centre de simulation.

En outre, nous avons participé à l'ensemble du projet de préparation de mission numérisée en tant qu'expérimentateur opérationnel de 1999 à 2005 puis membre de l'Équipe De

<sup>29</sup> L'annotation spatiale consiste à « attacher » de l'information à un lieu particulier.

Programme Intégrée (EDPI, encadré 8) jusqu'en 2011 comme expert en cartographie numérique et représentant des écoles.

#### **Encadré 8**

##### **Équipe De Programme Intégrée (EDPI)**

« Chaque programme d'armement est piloté par une **équipe de projet**. Autour du directeur de programme, elle réunit l'ensemble des compétences nécessaires à la conduite d'un projet complexe : architectes systèmes, experts techniques, spécialistes du management de projet, de la qualité et de la gestion des risques, acheteurs négociateurs, experts juridiques, financiers et comptables. Cette équipe est chargée d'assurer la cohérence entre les aspects opérationnels, techniques, financiers, calendaires et industriels. Elle est responsable de l'atteinte des objectifs de performance, qualité, coûts et délais du programme. Ce travail en équipe intégrée apporte une véritable synergie et un partage global de l'information. Il permet à tous de prendre en compte les contraintes et les objectifs de chacun. Ce travail s'appuie sur des règles, des méthodes et des outils de management rigoureux qui permettent d'optimiser les performances, les coûts et les délais de réalisation des programmes » (Direction Générale de l'Armement, 2010a).

Cette position fonctionnelle dans le centre de simulation de la BEGL s'est avérée particulièrement adaptée pour réaliser les différentes collectes de données puisque l'ensemble des pilotes et ISPN de l'ALAT passent par notre organisme de formation, soit en formation initiale, soit en formation continue. La délivrance de certains cours à des stagiaires expérimentés et de tous horizons nous a permis un travail réflexif permanent sur nos travaux tout en restant au plus proche des réalités concrètes du terrain.

#### **a. La Base École Général Lejay**

La Base École Général Lejay (BEGL) fait partie de l'École de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre (EALAT) qui est un Organisme De Formation (ODF) certifié ISO 9001:2008 et *Flight Training Organisation* (F-FTO 06 401). Le champ de la certification ISO couvre « la réalisation des actions de formation (AF) du domaine aéromobilité, effectuées au sein de l'EALAT » (École de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre, 2011).

La BEGL est en charge de la formation des pilotes d'hélicoptères de combat interarmées et interministériels (armée de l'air, Marine nationale, douanes, etc.). Toutefois, et

contrairement à la Base École Général Navelet (BEGN de Dax) qui s'occupe des enseignements *ab initio*, la BEGL assure la formation technico-tactique des équipages qui couvre, par exemple, l'utilisation des armes, le vol de combat et le vol avec SIL (Système d'Intensification de Lumière). De plus, la BEGL délivre des qualifications d'aptitude au commandement :

- **chef de bord ou CB** : ce pilote est le gestionnaire et le chef de la mission d'un hélicoptère. Il met en œuvre les armes et les capteurs à partir de la place gauche (configuration côte à côte) ou arrière (configuration en tandem) de son aéronef ;
- **chef de patrouille ou CP** : ce pilote, déjà qualifié chef de bord, est le responsable de 2 ou 3 aéronefs. Il est le gestionnaire de la mission de sa patrouille ;
- **commandant d'unité ou CDU** : ce pilote, déjà qualifié chef de patrouille, est le responsable de plusieurs patrouilles, c'est-à-dire d'une escadrille.

### **b. L'Espace d'Instruction Collective NEB – SIMU**

Le centre de simulation, ou selon la future dénomination, l'Espace d'Instruction Collective NEB – SIMU (EIC NEB – SIMU), a été inauguré le 23 septembre 2004. Il est servi par 13 personnes :

- **4 Personnels Navigants** officiers dont 2 Pilotes Instructeurs désignés pour une année par le chef de la formation en regard de leurs expériences professionnelles et qualités pédagogiques ;
- **7 Instructeurs Sol du Personnel Navigant (ISPN)** officiers ou sous-officiers ;
- **2 personnels civils** ouvriers d'état de la défense ;
- enfin, **2 techniciens civils** de la société SOGITEC et **1 technicien** du Groupe Thales renforcent le centre de simulation sans dépendre de la hiérarchie formelle.

Deux types de services liés à la formation sont proposés : des Actions de Formation (AF) entièrement gérées par les personnels du centre et des soutiens aux autres AF de la BEGL par la mise à disposition de ses instructeurs. Le centre de simulation détient historiquement deux catégories de matériels : des simulateurs et les outils informatiques de la NumALAT. Toutefois, cette dualité disparaît progressivement au profit d'une logique englobant ces deux

catégories de dispositifs avec, comme mentionné précédemment, la création EIC NEB-SIMU (Centre de Doctrine d'Emploi des Forces, 2012). Cette convergence entre la simulation et la numérisation se retrouve aussi au plus haut niveau de l'armée de Terre avec la constitution à l'été 2013 du Centre d'Expertise pour l'Infovalorisation et la SIMulation (CEISIM) qui aura pour mission « d'optimiser l'appui technique des forces terrestres à la préparation et à l'engagement opérationnel et préparer la montée en puissance de l'infovalorisation, par regroupement des entités actuelles dédiées à la NEB et à la simulation » (Porret, 2011).

### Encadré 9

#### Exemples de convergence NEB – SIMU

Le **langage informatique C-BML** (*Coalition Battle Management Language*) ainsi qu'un socle commun de simulation (notamment les Base de Données d'Environnement ou BDE) sont deux évolutions importantes attendues par les opérationnels puisqu'elles devraient permettre une interopérabilité complète entre les SIOC et les simulateurs.

Le **Centre d'Expertise pour l'Infovalorisation et la SIMulation** (CEISIM) sera créé en 2013 afin de reprendre les missions dévolues au Détachement d'Appui à la NEB (DANEB) et à la Division Simulation et Recherche Opérationnelle (DSRO).

- **Les Personnels militaires du centre de simulation**

- **Les personnels navigants ou PN**

Tous les PN du centre de simulation ont leur brevet de pilote d'hélicoptère de combat (encadré 10). Deux catégories sont présentes. Les PN possédant la qualification de moniteur et les PN ayant des fonctions d'instructeur. La principale différence est que les moniteurs peuvent instruire en vol sur des séances intégrées à des cursus officiellement reconnus par la DGAC (Direction Générale de l'Aviation Civile) ou nécessitant des capacités pédagogiques particulières, c'est-à-dire d'ordre technique : les autorotations (Procédure d'atterrissage d'urgence suite à la perte d'un ou de plusieurs moteurs), les tests annuels, le vol tactique, etc. Les PN ne disposant pas de cette qualification peuvent instruire dans les domaines purement militaires comme les séances de formation au commandement (CB ou CP), le vol sous Jumelles de Vison Nocturne (JVN), etc.

### Encadré 10

#### Le recrutement des pilotes de l'ALAT

Le recrutement des pilotes de l'ALAT se fait selon deux finalités de carrière au sein du Corps des Officiers des Armes (COA) : la voie commandement ou la voie spécialiste. Toutefois, de nombreuses passerelles dont l'École Militaires Interarmes (EMIA) et emplois mixtes coexistent<sup>30</sup>. De plus, les tests de sélection psychotechniques réalisés à l'antenne de sélection ALAT au Fort de Vincennes et l'aptitude physique prononcée par le Centre Principal d'Expertise Médicale du Personnel Navigant (CPMPN) de l'hôpital d'instruction des armées de Percy (Clamart) sont identiques et ne sont donc pas reportés dans les conditions de recrutement présentées ci-dessous.

- La **filière commandement** concerne les officiers de carrière. La formation dure environ cinq années<sup>31</sup>. Leur recrutement se fait sur concours après les Classes Préparatoires aux Grandes Écoles (CPGE) ou une Licence Universitaire<sup>32</sup>. Ce parcours concerne une quinzaine de personnes par an. Il se déroule en trois temps : trois années à l'École Spéciale Militaire de Saint-Cyr Coëtquidan (ESM), quatorze mois à la BEGN de Dax pour l'obtention du CPL(H) et de une à deux années à la BEGL du Cannel des Maures. Les jeunes brevetés sont directement Chefs de Patrouille et commanderont une escadrille six ans plus tard. Les officiers de carrière ont ensuite le choix entre une seconde partie de carrière orientée commandement (Commandant de bataillon, Chef de Corps d'un régiment et plus) ou orientée expertise technique afin de travailler au GAMSTAT ou à la DGA sur les programmes

---

<sup>30</sup> Nous ne présenterons pas ces passerelles car elles concernent des « micro-populations ».

<sup>31</sup> Les durées des formations sont données à titre indicatif et peuvent fluctuer de manière importante car elles sont dépendantes de nombreux facteurs comme la disponibilité des aéronefs, la météorologie, etc. Par ailleurs, les recrutements et les conditions à remplir peuvent évoluer en fonction du besoin des Armées. Pour des informations mises à jour régulièrement, veuillez consulter le site officiel de recrutement de l'armée de Terre : <http://www.recrutement.terre.defense.gouv.fr/vous-etes-bac-0-2/devenez-pilote-dhelicoptere>.

<sup>32</sup> Un recrutement sur titre est ouvert pour les titulaires d'un diplôme ou d'un titre conférant le grade de Master. Le jeune élève officier rejoint l'École Spéciale Militaire de Saint-Cyr pour une année de scolarité et suit ensuite le même cheminement de carrière que les officiers recrutés par concours CPGE ou Licence Universitaire.

d'armement. La filière d'Ingénieur EPNER (École du Personnel Navigant Essais et Réception.) rentre dans ce cadre. La limite des services actifs dépend de la limite d'âge du grade (59 ans pour les officiers non généraux d'après la version en vigueur au 1<sup>er</sup> juillet 2012 de l'article L4139-16). Selon le Direction des Ressources Humaines de l'Armée de Terre (DRHAT), **la voie expertise** est l'« ensemble des activités professionnelles ouvertes aux officiers titulaires d'un diplôme de l'Enseignement Militaire Supérieur (EMS) qui, quittant la voie commandement, se destinent à servir dans un domaine de spécialités donné, nécessitant un niveau élevé de qualification et une stabilisation des compétences, pour y effectuer l'essentiel de leur seconde partie de carrière ».

- La **filière spécialiste** concerne environ 55 Officiers Sous Contrat Pilote ou OSC/P par an (premier contrat de dix ans renouvelable jusqu'à vingt ans sous conditions). Le recrutement se fait sur dossier au niveau du baccalauréat. La formation dure un peu moins de quatre années et se déroule aussi en trois temps : quatre mois au 4<sup>ème</sup> Bataillon des Écoles de Saint-Cyr Coëtquidan (ESCC), quatorze mois à la BEGN de Dax pour l'obtention du CPL(H) et de une à deux années à la BEGL du Cannel des Maures. Le pilote est ensuite muté en unité opérationnelle (RHC). Tous pourront devenir Chefs de Bord au bout de six ans de service et les meilleurs auront la possibilité de devenir Chefs de Patrouille, Moniteurs Hélicoptère voire Commandants d'Unité.

▪ Les Instructeurs Sol du Personnel Navigant ou ISPN

Le métier d'ISPN est récent (2006) et ne concerne qu'une faible population (environ 50 personnes pour toute l'ALAT). Les ISPN sont des sous-officiers recrutés au niveau du baccalauréat scientifique. Ils suivent une formation militaire de huit mois à l'École Nationale des Sous-Officiers d'Active (ENSOA) de Saint-Maixent puis rejoignent la BEGN de Dax pour leur formation de spécialité ; cette dernière continuant à la BEGL ou à l'EFA du Cannel des Maures. Ils sont aptes dans leur premier emploi au bout de deux ans de formation. Il n'existe pas de recrutement direct pour les officiers ISPN et aucun OSPN n'est actuellement en fonction.

Ce sont des instructeurs militaires hautement spécialisés dans la formation sur simulateur de vol et capables de délivrer des cours théoriques d'ordre technique. Toutefois, et à la différence des moniteurs, le terme « technique » n'a pas ici la même définition. Si, pour les moniteurs en vol, la technique correspond aux actions standardisées (à l'opposé de la

tactique), pour les ISPN, la technique comprend à la fois les dispositifs technologiques comme ceux de la NumALAT et la formation au Vol Sans Visibilité très normé.

- **Les matériels**

Deux catégories de matériels sont mises en œuvre au centre de simulation : les simulateurs et les dispositifs liés à la Numérisation de l'Espace de Bataille.

- **Les simulateurs**

Trois simulateurs dits techniques et qualifiés par la DGAC au niveau FNPT (*Flight and Navigation Procedure Trainer*) permettent l'apprentissage au vol à vue, au vol sans visibilité (dont l'*Instrument Flight Rules* ou IFR) et à l'utilisation de certains systèmes d'armes. On trouve aussi un système de simulation dédié à la formation tactique et composé de 6 postes modulaires (placement côte à côte ou en tandem). L'objectif de ce système EDITH est de proposer des séances de formation collaborative à l'image d'un jeu vidéo en réseau et proche du concept de *Team Building*. Il est intéressant de noter que des formations académiques et professionnelles utilisent un système EDITH pour l'apprentissage expérientiel aux techniques managériales. Ces prestations sont proposées par Thales Université (Jouy-en-Josas, France). Enfin, le *Serious Game Virtual Battlespace 2* (VBS2 de Bohemia Interactive) est en expérimentation depuis mai 2012 afin de vérifier sa capacité à soutenir le développement de nouvelles formations totalement innovantes en France. La rédaction d'un livre de référence sur la formation des formateurs en simulation et *Serious Games* est actuellement en cours et un projet, auquel nous participerons, de création d'un Master International *Serious Games* à l'Université de Nice a été lancé. L'objectif est de capitaliser les huit années d'expérience dans les techniques pédagogiques de briefing, d'animation et de débriefing perfectionnées par les ISPN et PN du centre de simulation.

**Encadré 11**

***Flight Simulation Training Device***

Le document officiel CS-FSTD (H) *Initial Issue* (qui remplace le JAR-FSTD (H) depuis le 26 juin 2012) présente la terminologie et les spécifications de certification des simulateurs que l'opérateur souhaite intégrer dans la formation normalisée des pilotes. Schématiquement, plus le niveau est élevé, plus il sera possible de remplacer des heures de vol réelles par des heures de vol simulées. L'autorité de tutelle, la DGAC en France, procède alors à la qualification initiale ou récurrente des simulateurs. Ce document est disponible sur le site de *l'European*

Aviation Safety Agency<sup>33</sup> (EASA) et stipule dix niveaux de qualification pour les simulateurs répartis en trois catégories :

- **Full Flight Simulator ou FFS (A, B, C et D)** : Mouvements (*motion*) à 3 ou 6 axes de liberté, cockpit à échelle réelle, système de visualisation, IOS indépendant, etc. Les six axes de liberté sont : le tangage, le roulis, le lacet, le déplacement vertical, le déplacement latéral à plat et le déplacement longitudinal à plat ;

- **Flight Training Device ou FTD (1, 2 et 3)** : Cockpit à échelle réelle (sauf niveau 1), système de visualisation (sauf niveau 1), *motion* non obligatoire, etc. ;

- **Flight and Navigation Procedure Trainer ou FNPT (I, II, III avec ou sans la particularité Multi-Crew Cooperation pour les niveaux II et III)** : système de visualisation (sauf niveau I), cockpit « représentatif » de l'aéronef simulé, etc. l'exemple de certification de qualification d'un simulateur Gazelle de niveau FNTP III est reporté en annexe 10. L'image suivante représente ce simulateur.

La certification de qualification des simulateurs ne comprend pas uniquement l'évaluation technique (objective, fonctionnelle et subjective) des dispositifs mais aussi un audit du « système de gestion global » incluant un Système de Gestion de la Sécurité (SGS) et un système de surveillance de la conformité (qualité, veille réglementaire et technologique). Cet audit fait référence à un ensemble de documents dont les annexes VI PART ARA (*Authority Requirements for Aircrew*) et VII PART ORA (*Organisation Requirements for Aircrew*) relatif à la nouvelle réglementation européenne « *Aircrew Regulation* ».



**Figure 5. Simulateur Gazelle FNPT 3.**

<sup>33</sup> <http://easa.europa.eu/language/fr/home.php>

▪ Les dispositifs de la NEB

Le centre de simulation dispose de deux salles de cours spécifiques à la NEB. La première est équipée de 10 postes d'un système de commandement et de contrôle que nous détaillerons ultérieurement et la seconde de 6 postes de PM informatisée (dispositif technique qui fait l'objet de nos travaux). De plus, le système de simulation EDITH intègre une version allégée de certaines TI embarquées. Toutefois, une évolution importante est en cours afin de concrétiser la connexion de l'ensemble des moyens numérisés avec le système de simulation virtuelle distribuée EDITH V3.

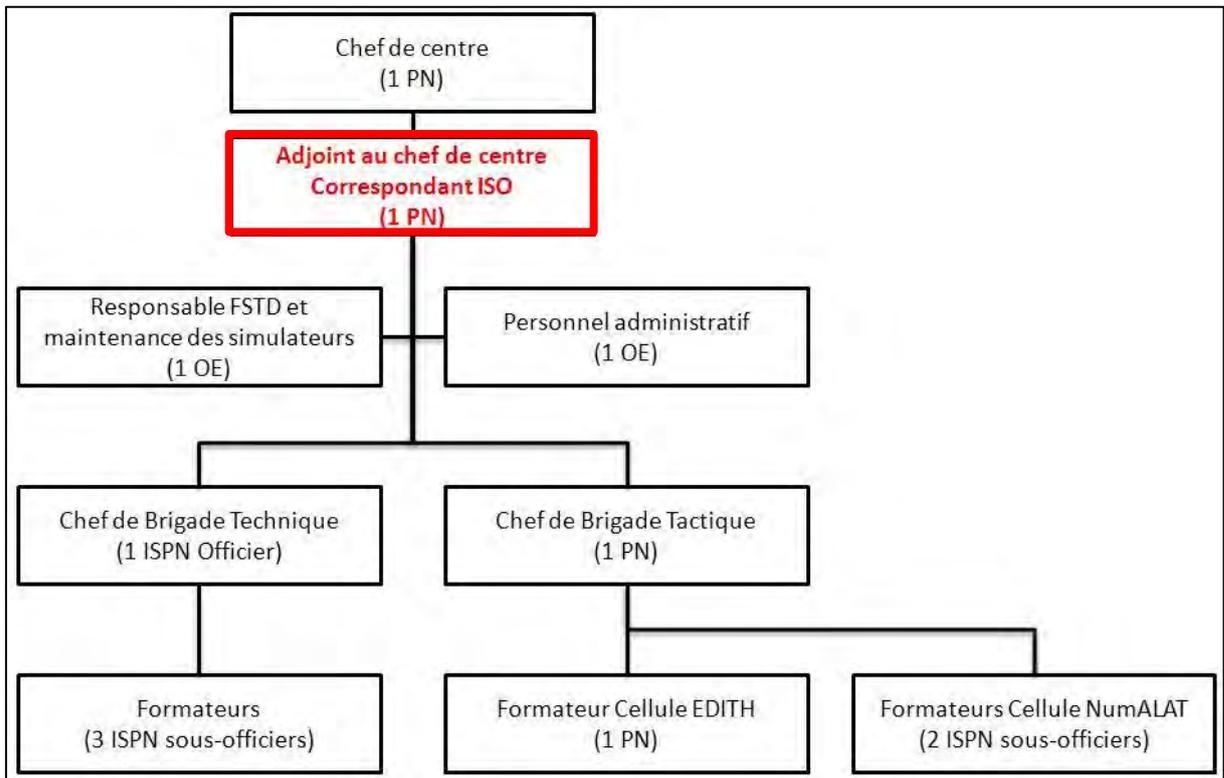


Figure 6. Organigramme du centre de simulation en 2012.

## Section 3.2

### Modélisation d'une mission ALAT

Une mission est l'expression claire et concise de l'action à accomplir et du but poursuivi. Si son but ultime est une réussite objectivable et quantifiable, son principe fondamental est la gestion du compromis « sécurité – sûreté » qui va guider les équipages tout au long de son déroulement.

Afin de présenter aux lecteurs une vision théorique et générique d'une mission ALAT, nous avons choisi d'utiliser le *Business Process Model and Notation V2*<sup>34</sup>. L'intention principale de cette modélisation est de rendre visibles les enchaînements d'activités d'une mission ALAT afin de poser plusieurs concepts militaires indispensables à la compréhension de l'ensemble de nos travaux. Enfin, cette modélisation n'intègre pas de technologie particulière et peut donc être abordée dans un environnement numérisé ou non. Le chapitre est composé de quatre parties : les trois premières expliquent les processus d'une manière de plus en plus détaillée et la dernière propose un déroulement complet d'une mission ALAT générique.

#### Encadré 12

##### *Business Process Modeling Notation 2.0*

Le **BPMN 2** est la seconde version du *Business Process Modeling Notation*. C'est un système de modélisation de processus métier indépendant et soutenu par l'*Object Management Group*. Il s'intéresse aux flux d'informations liés aux déroulements des processus. Son premier objectif est de faciliter la compréhension des processus par les acteurs concernés au sein des organisations.

Cette méthode de modélisation est régulièrement utilisée pour mettre en exergue et analyser, par exemple, les « goulots d'étranglement » de la **Théorie des Contraintes** imaginée par Eliyahu M. Goldratt dans les années 80. Cette « théorie » controversée dans le monde académique est une approche logique de résolution de problèmes et d'amélioration permanente pour fluidifier le *throughput* ( $T = \text{prix de vente} - \text{achats}$ ) grâce à une

---

<sup>34</sup> <http://www.bpmn.org/>

« focalisation sur les contraintes d'une organisation qui affectent la pleine réalisation de sa finalité » (Meyer, 2012) ; ces contraintes pouvant être cumulatives ou disjonctives.

Le second objectif est de faciliter le passage de la conception à l'automatisation du flux d'information. Un formalisme équivalent mais propriétaire est l'*Event-Driven Process Chains* (EPC) de la société allemande SAP.

### 3.2.1. 1<sup>er</sup> niveau : schéma général

Le 1<sup>er</sup> niveau est un diagramme de collaboration privé (figures 7 et 55 en annexe 2). Il n'affiche pas les activités mais indique les flux de messages entre les 3 catégories de partenaires : « commandement et contrôle ou C2 », « Préparation de Mission (PM) / Analyse Après Action (3A) » et « Conduite de Mission (CM) ». Ces derniers sont toutefois nommés selon leur processus afin de faciliter la lecture croisée entre ce schéma et les deux suivants.

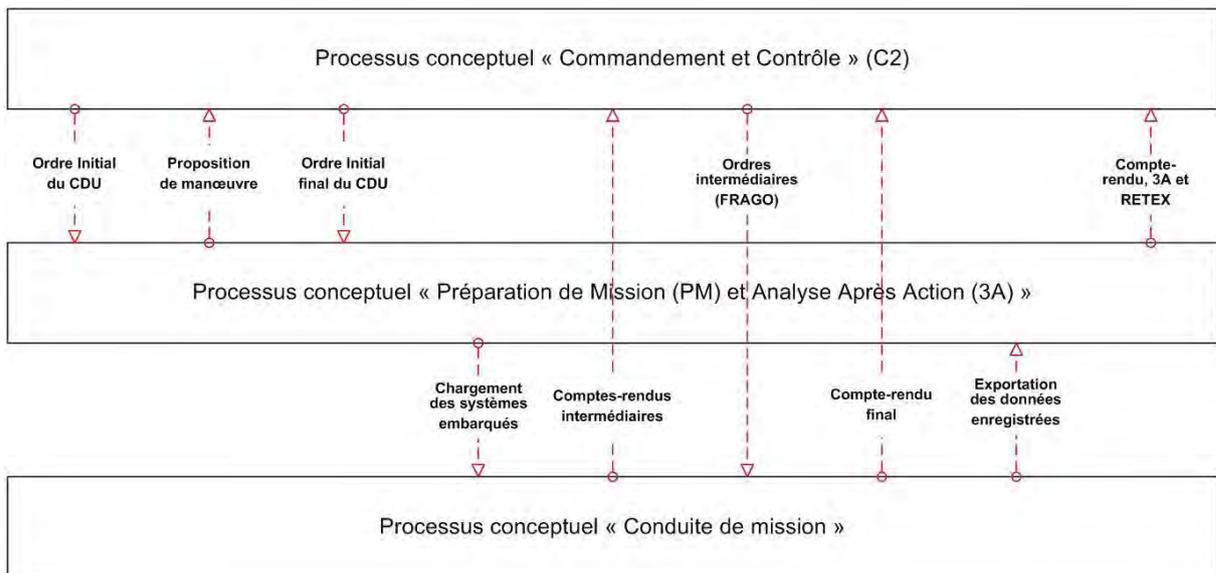


Figure 7. 1<sup>er</sup> niveau de modélisation d'une mission ALAT.

### 3.2.2. 2<sup>ème</sup> niveau : processus intermédiaires

Ce 2<sup>ème</sup> niveau détaille le processus intermédiaire « PM et 3A » (figure 56 en annexe 2). L'intérêt est de montrer l'ensemble des actions qui se déroulent avant le décollage et après l'atterrissage. Toutefois, il est utile de préciser que ces actions ont des durées variables en fonction de la mission. Par exemple, la partie qui se déroule avant l'activité « Charger les médias de transfert », c'est-à-dire l'intégration des données dans les systèmes embarqués ou

dans de simples récepteurs GPS si ces derniers sont indisponibles, peut durer de quelques minutes à plusieurs jours.

### **a. Concept de Préparation de Mission**

**Au sens large, la préparation des missions (PM) de combat dans l'ALAT représente un ensemble de processus organisationnels (coordination, collaboration, etc.) et décisionnels** qui, à partir d'une agrégation des informations connues et disponibles de l'espace de bataille, permet une meilleure coordination des moyens et une réflexion la plus pertinente possible.

La PM peut donc être vue comme une création collective de sens au sens de Karl Weick (*collective sensemaking*). Lesca et al. (2010) parlent de l'« opération collective au cours de laquelle sont créés du « sens ajouté », de la connaissance à partir de certaines informations qui jouent le rôle de stimuli inducteurs, et au moyen d'interactions entre les participants à la séance de travail collectif, ainsi qu'entre les participants et les diverses mémoires (tacites et formelles) de l'entreprise. Le résultat de la création collective de sens est la formulation de conclusions provisoires plausibles (hypothèses) devant déboucher sur des actions effectives ».

La PM se déroule à partir de la décision de l'intervention militaire et, pour les pilotes d'hélicoptères de combat, jusqu'au décollage. On exclut généralement de cette définition, à tort ou à raison, les procédures de préparation matérielle comme la visite avant vol de l'aéronef ainsi que la mise en condition des personnels. La Visite Avant Vol ou VAV est le contrôle par le pilote du bon état général de son appareil avant le décollage. La mise en condition des personnels intègre la préparation « physique » des équipages : habillage, équipement des casques de vol, etc.

Le but de la PM est bien entendu d'augmenter au maximum les chances de réussite des missions complexes. Ce processus de PM n'est en effet utilisé que lorsque la contrainte temporelle n'est pas trop forte et, même si les notions de procédure ou processus sont utilisées, la PM ne comporte pas vraiment de procédures standards d'opérations « rigides » au sens de Laudon et al. (2010) : « règles formelles que l'on doit respecter en accomplissant les tâches et qui ont été élaborées pour aider les employés à faire face à des situations

prévisibles ». En didactique professionnelle<sup>35</sup>, on parle de « tâches discrétionnaires », c'est-à-dire qu'on laisse à la discrétion de l'opérateur le choix du mode opératoire le plus adéquat pour atteindre le but.

Dans le cas d'une contrainte temporelle élevée, on parlera de conduite de mission au lieu de PM, ce qui n'écarte nullement une réflexion de la part des équipages et des prises de décisions de la part des chefs lors de « fenêtres d'opportunité » (moments moins contraints en cours de mission et qui donne au décideur quelques minutes de réflexion) dans le cas d'un changement important du plan d'action conçu en PM. Cette capacité à rapidement intégrer dans sa représentation les caractéristiques qui changent de la situation dynamique se rapportent ici au domaine de la conscience de la situation traité, par exemple, par Wickens (1992) ou Endsley (1995) :

Endsley définit la conscience de la situation comme la perception des éléments d'un environnement dans un volume de temps et d'espace, la compréhension de leur signification et la projection de leur état dans un futur proche.

### **b. La Préparation de Mission informatisée**

**Dans son acception informatisée (donc dans un environnement numérisé), la PM consiste à rassembler les informations géoréférencées hétérogènes dans un dispositif unique** (basé sur un Système d'Information Géographique ou SIG), puis proposer des outils d'affichage et d'analyse de ces données. Enfin, les moyens informatiques doivent permettre l'exportation des résultats dans les Systèmes d'Information Terminaux (SIT) embarqués dans les hélicoptères (couplés à des récepteurs GPS et parfois à des centrales inertielles ou centrales à inertie).

---

<sup>35</sup> La didactique professionnelle est un courant de pensée en Sciences de l'Éducation développé par Pierre Pastré. Son objectif est d'analyser « l'activité des hommes au travail pour aider au développement de leurs compétences » (Pastré, 2011).

**Encadré 13**

**Centrale inertielle**

Une **centrale à inertie ou centrale inertielle** est un système de navigation *Dead-Reckoning* (c'est-à-dire une méthode d'estimation de la position d'un aéronef à partir d'un point de départ parfaitement connu et des informations de déplacement enregistrées comme le cap et la distance) composé de gyroscopes et de différents capteurs (comme des accéléromètres) afin de déterminer la position de l'aéronef. Elle se recale généralement automatiquement après une perte de réception GPS et possède à elle-seule une précision remarquable pour les aéronefs les plus récents.

Les Systèmes d'Information Géographique ou SIG sont les outils à la base de la PM informatisée. Ces technologies sont issues d'une discipline alliant géographie et informatique, la géomatique, et s'intègrent généralement dans des processus de décision supportés par l'analyse des données géospatiales.

- La **géomatique** est « la discipline ayant pour objet la gestion des données à référence spatiale et qui fait appel aux sciences et aux technologies reliées à leur acquisition, leur stockage, leur traitement et leur diffusion » (Bergeron, 1993).
- Le **géodécisionnel** ou *GeoBusiness Intelligence* (GeoBI) représente la convergence des SIG avec les outils de *Business Intelligence* (BI). Le géodécisionnel désigne les usages, méthodes et outils rendus disponibles aux gestionnaires grâce à la néogéographie, c'est-à-dire à la cartographie numérique, interactive, collaborative et intégrée aux Systèmes d'Information des organisations.

Cette notion de **SIG** est tout aussi polysémique que celle de Système d'Information. La vision « informaticienne » est la plus courante : « un SIG est un système de gestion de base de données pour la saisie, le stockage, l'extraction, l'interrogation, l'analyse et l'affichage de données géolocalisées » de (Laurini & Milleret-Raffort, 1993). Pornon (2011), dans un ouvrage récent, envisage le SIG selon trois dimensions (organisationnelle, territoriale et thématique) pour réfléchir sur les aspects de son intégration dans le SI de l'organisation. Enfin, une vision plus théorique est proposée par MacEarchen et Kraak lorsqu'ils abordent le concept de géovisualisation : « construction de connaissances à partir d'une exploration de données géographiques dans un système de visualisation » (Maceachren & Kraak, 1997; Jarne, 2011; Igensand, 2011).

### **c. L'Analyse Après Action**

La 3A (lire « 3 alpha ») a deux composantes. La première est un ensemble de moyens d'analyse des données enregistrées lors des missions réelles ou simulées (trajectoires enregistrées par les récepteurs GPS, photographies, films, etc.) qui sont destinées à être étudiées afin de vérifier si les paramètres définis en préparation de mission ont bien été suivis mais aussi de préparer les missions suivantes, cela s'apparente donc aux débriefings. La seconde composante de la 3A concerne la capitalisation des enseignements (RETEX par exemple). L'utilisation de l'acronyme anglais AAR pour *After Action Review* est largement généralisée.

#### **3.2.3. 3<sup>ème</sup> niveau : processus C2 et CV**

Le 3<sup>ème</sup> niveau de modélisation détaille deux processus supplémentaires : C2 et CM (figure 57 en annexe 2). Dès lors, il est possible de visualiser l'ensemble des étapes logiques et théoriques d'une mission ALAT complète. La partie réalisée en vol est encore réduite au profit d'une étape supplémentaire de débriefing et de retour d'expérience réalisée au niveau C2.

#### **3.2.4. Déroulement générique d'une mission ALAT**

Une mission ALAT est intégrée dans un cadre contextuel plus large qui est celui du théâtre d'opérations. Le subordonné reçoit sous forme numérique ou papier un Ordre d'Opération (OPO) ou un Ordre Initial (OI), ou encore, dans le cas d'une mission type OTAN, un *Operation Order* (OPORD) de la part de son supérieur hiérarchique. Cet OPO/OI comporte l'ensemble des ordres et informations nécessaires à la préparation de la mission : articulation et coordination du module, répartition des missions, situation des forces amies (parfois appelés « participants ») et ennemies, transmissions, météorologie, risque NRBC (Nucléaire Radiologique Biologique et Chimique), etc.

En fonction du niveau hiérarchique de l'individu, il peut lui-même créer un nouvel OPO/OI destiné à ses subordonnés jusqu'à atteindre le membre d'équipage exécutant (généralement le pilote aux commandes). On retrouve dans cette « cascade » d'ordres la hiérarchie de raffinement proposée par Hoc (1987) : décomposition en buts et sous-buts, particularisation et traitement des interférences de buts.

L'OPO/OI est donc un ordre récursif et collectif : chaque subordonné y trouve sa mission. À ce stade un premier briefing a lieu afin de donner les informations nécessaires à l'ensemble des équipages et personnels de soutien. Nos travaux portant sur le niveau de la patrouille (2 à 3 hélicoptères avec leurs membres d'équipages) et étudiant la PM, nous n'aborderons pas les domaines extérieurs comme la préparation des aéronefs par les mécaniciens aéronautiques.

### **a. Conception de la mission**

Après avoir reçu les informations précisant leur rôle dans l'intervention, chaque équipage, en liaison avec son chef de patrouille, va décliner ses ordres afin de construire sa mission particulière. Pour ce faire, les pilotes disposent d'un ensemble de connaissances militaires et aéronautiques qui permettent de concilier les contraintes environnementales (tactiques et techniques) avec les capacités aéromobiles des hélicoptères. Conceptuellement, la PM peut être comparée à un plan d'action (Hoc, 1987; Amalberti, 2001) qui doit répondre à trois contraintes :

- **réduction de la complexité de la tâche** : le plan consiste à créer une représentation mentale de la tâche avec des propriétés opératives (Ochanine, 1978), fonctionnelles (Leplat, 1985) et de finalisation vers les objectifs. Pour Pescheux (2007), une image opérative à deux caractéristiques : elle est laconique (elle ne contient que ce qui est indispensable pour l'action) et opère une déformation fonctionnelle (les faits importants sont agrandis, mis en saillance). Le terme « tâche » est compris comme une action à mener pour l'accomplissement de la mission ;
- **fournir un guidage procédural précis** : au minimum pour les premières étapes de l'action ;
- **conception rapide** : même s'il convient toutefois de relativiser cette caractéristique (car des missions complexes peuvent bénéficier d'une PM relativement longue, parfois plus d'une journée), Amalberti parle de métaplans qui, en guidant la conception du plan, font appel à des méthodes de travail connues et efficaces.

Dans notre contexte, la PM consiste notamment à concevoir des trajectoires et des hauteurs de vol en fonction des zones dangereuses ou, au contraire, obligatoires pour réussir les objectifs de la mission. Toutefois, il est extrêmement rare qu'une intervention se réalise avec un unique aéronef. Un travail permanent de coordination est donc réalisé par le chef du

module. Cette phase se termine par une « chronoaction » (technique proche de certaines pratiques de fiabilisation<sup>36</sup> comme le contrôle croisé) destinée à vérifier que l'ensemble des équipages possède les mêmes références temporelles :

- **vérification diachronique** : enchaînement des tâches et des missions, répartition temporelle des actions, etc. ;
- **vérification synchronique** : connaissances des risques d'abordage par les pilotes, gestion de l'avitaillement (les bacs souples, réservoirs de kérosène déposés par des hélicoptères de transport, ont une capacité d'avitaillement limitée en nombre d'aéronefs par exemple), etc.

Ensuite, a lieu de *backbrief* (Centre de Doctrine d'Emploi des Forces, 2008b; Lebraty & Lancini, 2007) où le subordonné présente son travail à son supérieur afin d'avoir la confirmation de la bonne compréhension de sa mission. Cette phase de conception de la mission se termine par un « préjeu » général ou *rehearsal* et, en fonction du temps disponible, à une étude du terrain plus précise au niveau des équipages.

Enfin, les pilotes établissent leurs plans de vol (avec souvent plusieurs variantes) et préparent leurs cartes ou, en environnement numérisé, exportent leurs données dans leurs médias de transfert puis vont préparer leurs différents systèmes informatiques embarqués. Cette phase de planification est la première phase de l'exécution du travail. Elle a pour rôle premier « de simplifier la tâche en la décomposant en sous-buts pour en permettre une représentation mentale aussi économique et opérative que possible » (Amalberti, 2001).

---

<sup>36</sup> Les six pratiques de fiabilisation utilisées notamment dans les Centres Nucléaires de Production d'Électricité (CNPE) sont : le pré-job briefing, la minute d'arrêt, la communication sécurisée, le contrôle croisé, l'autocontrôle et le débriefing.



Figure 8. Plan de vol ou Log de Navigation.

**Commentaires de la figure 8 :** La notion de plan de vol est ici différente du formulaire officiel déposé par le pilote auprès des autorités du contrôle aérien avant le vol et qui contient des renseignements tels que le trajet, la durée prévue du vol, le nombre de personnes à bord, etc. Dans notre contexte, le plan de vol est une fonctionnalité informatique qui regroupe l'ensemble des informations sur le vol : cap, distance, temps de vol, temps d'avitaillement, etc. Une fois qu'il est imprimé ou intégré dans un système embarqué quelconque, on le nomme généralement le « log de navigation » ou tout simplement le « log de nav ».

### **b. Conduite de la mission**

Dès lors que les hélicoptères ont décollé, on ne parle plus de PM mais de conduite de mission. Cette phase est caractérisée par un échange permanent de comptes-rendus des subordonnés vers leurs chef et d'ordres intermédiaires (ou *Fragmented Order, FRAGO*) des chefs vers les échelons subalternes en fonction des consignes d'utilisation de la radio (libre, discrétion ou silence). Ce processus s'achève lors de la dernière tâche à accomplir pour les équipages, l'atterrissage.

### **c. Fin de la mission**

La dernière phase de la mission comprend la réalisation d'un débriefing sous la forme d'une 3A et d'un RETEX « à chaud » entre les équipages. Puis cette même procédure, juxtaposant des données formelles et informelles, est réalisée à chaque niveau hiérarchique de façon ascendante. Enfin, la 3A permet de rejouer le scénario (« rejou » complet) de la mission afin d'analyser les réussites ou échecs des équipages mais aussi de prendre en compte de nouvelles informations pour débiter la PM de la mission suivante.

#### Encadré 14

#### Synthèse du chapitre 3

**L'Aviation Légère de l'Armée de Terre est la composante aérienne de l'armée de Terre.** Elle est composée majoritairement d'hélicoptères.

**L'ALAT fait partie de la fonction « contact »** avec l'infanterie (combat débarqué) et l'Arme Blindée Cavalerie (combat embarqué).

**L'aérocombat exprime l'idée d'intégration complète des hélicoptères de combat (avec leurs missions, leurs modes d'action, etc.) au sein de la manœuvre tactique interarmes (tableau 3 et encadré 5) qui devient par conséquent la manœuvre aéroterrestre ou tridimensionnelle terrestre.**

**Afin de remplir leurs missions, les équipages de l'ALAT pratiquent le vol de combat et le vol tactique.** Si le premier est d'ordre très général et traite de l'ensemble des procédés de vol que les équipages utilisent en fonction de la situation sur le terrain, le concept de vol tactique est plus spécifique. Il consiste à utiliser le terrain pour se protéger des vues et des coups de l'ennemi en adaptant la vitesse et les trajectoires en fonction des obstacles de l'environnement physique, c'est-à-dire en empruntant en sécurité des itinéraires non reconnus. Le vol tactique est la « marque de fabrique » de l'ALAT. Il est enseigné par des instructeurs français à de nombreuses unités militaires étrangères. **Il se démarque du vol tactique de l'armée de l'air par sa proximité avec le sol puisqu'il se déroule en dessous de 50 mètres ou 150 pieds de hauteur.**

**De nombreux chantiers organisationnels et technologiques sont actuellement menés de front par l'ALAT ;** les plus emblématiques étant le remplacement de son parc d'hélicoptères par des appareils de nouvelle génération, la mise en place d'une simulation couvrant l'ensemble du spectre des missions et l'implémentation des outils liés au combat en réseau ou infocentré (Maulny, 2006).

**Notre recherche s'est déroulée au centre de simulation de la Base École Général Lejay où nous avons eu respectivement comme fonctions depuis 2005 :**

- de 2005 à juin 2008 : instructeur NumALAT ;
- de juillet 2009 à juin 2012 : responsable formation NumALAT ;

- depuis juillet 2012 : adjoint au commandant du centre de simulation.

**Au sens large, la préparation des missions (PM) de combat dans l'ALAT représente un ensemble de processus organisationnels (coordination, collaboration, etc.) et décisionnels** qui, à partir d'une agrégation des informations connues et disponibles de l'espace de bataille, permet une meilleure coordination des moyens et une réflexion la plus pertinente possible.

**Dans son acception informatisée (donc dans un environnement numérisé), la PM consiste à rassembler les informations géoréférencées hétérogènes dans un dispositif unique** (basé sur un Système d'Information Géographique ou SIG), puis proposer des outils d'affichage et d'analyse de ces données. Enfin, les moyens informatiques doivent permettre l'exportation des résultats dans les Systèmes d'Information Terminaux (SIT) embarqués dans les hélicoptères (couplés à des récepteurs GPS et parfois à des centrales inertielle ou centrales à inertie).

# Conclusion de la 1<sup>ère</sup> partie

L'objectif de cette première partie a été de présenter le cadre méthodologique et contextuel de notre recherche. Nous avons tout d'abord souhaité démontrer le bien-fondé et la pertinence de nos travaux dans le cadre des Sciences de Gestion et plus particulièrement celui des Systèmes d'Information. À ce titre, nous avons clarifié les définitions concurrentes du SI qui apparaissent dans la littérature académique et professionnelle. Le résultat de ce travail prouve que le Système d'Information n'est pas réductible à sa partie technique. Par conséquent ce n'est pas tel ou tel SIOC qui peut prétendre au statut de SI mais bien le concept global de la Numérisation de l'Espace de Bataille.

L'Aviation Légère de l'Armée de Terre bénéficie actuellement de nombreuses mutations destinées à l'amener aux standards organisationnels et technologiques les plus récents. Toutefois, parmi ces évolutions, il nous semble que la numérisation de ces hélicoptères apparaît à la fois comme la plus fondamentale tout en étant la moins étudiée. La deuxième partie de nos travaux a justement cherché à (re)construire un historique le plus détaillé possible de la guerre en réseau afin de mettre en évidence l'exiguïté abusive de sa vision technologique.

**Encadré 15**  
**Synthèse de la 1<sup>ère</sup> partie**

**Chapitre 1**

**La recherche en Systèmes d'Information**

« La recherche en Systèmes d'Information ne doit pas seulement examiner le système technique ou le système social, ni même les deux côte à côte, mais étudier les phénomènes qui émergent de l'interaction du système technique avec le système social » (Lee, 2001).

Dans notre contexte, le terme de numérisation fait appel à deux principes : la dématérialisation de pratiques ou de certains outils (cartes, feutres, etc.) et la mise en réseau au sein d'une ou de plusieurs Liaisons de Données Tactique (LDT) des unités militaires.

Hors du monde académique gestionnaire, le SI est polysémique et sa définition est relative à l'entité et au niveau hiérarchique qui l'étudie ou l'emploie.

À ce titre nous avons mis en évidence que les différentes définitions du SI conviennent parfaitement, non pas pour définir tel ou tel artefact technique comme les SIOC, mais pour caractériser les visions chronologiques de la Numérisation de l'Espace de Bataille. En d'autres termes, nous retrouvons bien la vision académique du Système d'Information dans les Sciences de Gestion dès lors que nous choisissons des aspects praxéologiques plus globalisants et conceptuels.

**Chapitre 2**

**Design général de la recherche**

Notre problématique générale s'intéresse aux effets de l'implémentation des Technologies de l'Information et de la Communication dans l'armée de Terre française.

Notre niveau d'analyse est celui de la patrouille d'hélicoptères de combat, c'est-à-dire d'un groupe constitué de 5 à 13 personnes réparties en 2 ou 3 équipages et soutenues par une personne experte de l'utilisation du MPME.

Notre recherche qualitative au sens de Yin (2011) est de type étude de cas unique longitudinale.

Il est apparu lors d'expérimentations sur des simulateurs tactiques visant à répondre à cette première problématique que **les équipages ne développaient pas de résistance particulière mais recombinaient les ressources naissantes de multiples technologies, dont certaines étaient externes au MPME, pour réaliser et optimiser leur travail.** Il fallait donc sortir de ce cadre expérimental afin de s'intéresser aux situations naturelles.

Le terme de bricolage exprime d'une manière remarquable nos constatations puisque pour Ciborra, il est « **un ensemble de pratiques basées sur du matériel de seconde main mobilisé afin de construire une structure ou un artefact lorsque rien de plus approprié n'est à la disposition des acteurs** ».

### Question de recherche

**Comment la prise en compte des usages émergents d'une Technologie de l'Information peut participer à l'évolution du Système d'Information ?**

#### 1<sup>ère</sup> sous-question de recherche

**Quelles peuvent-être les différentes approches théoriques des bricolages ?**

#### 2<sup>nd</sup> sous-question de recherche

**Quelle procédure de retour d'expérience est la plus pertinente pour observer *in situ* les bricolages ?**

**Le choix délibéré du cadre épistémologique du Réalisme Critique a été une étape décisive dans nos travaux. Il est le fruit d'un travail réflexif, conséquent et complexe qui a débouché sur une construction cohérente de l'ensemble de notre de notre recherche.**

### Chapitre 3

#### L'Aviation Légère de l'Armée de Terre, une Arme en mutation

**L'Aviation Légère de l'Armée de Terre est la composante aérienne de l'armée de Terre. Elle est composée majoritairement d'hélicoptères.**

**L'ALAT fait partie de la fonction « contact » avec l'infanterie (combat débarqué) et l'Arme Blindé Cavalerie (combat embarqué).**

**L'aérocombat exprime l'idée d'intégration complète des hélicoptères de combat (avec leurs missions, leurs modes d'action, etc.) au sein de la manœuvre tactique interarmes**

**(tableau 3 et encadré 5) qui devient par conséquent la manœuvre aéroterrestre ou tridimensionnelle terrestre.**

**Afin de remplir leurs missions, les équipages de l'ALAT pratiquent le vol de combat et le vol tactique.** Si le premier est d'ordre très général et traite de l'ensemble des procédés de vol que les équipages utilisent en fonction de la situation sur le terrain, le concept de vol tactique est plus spécifique. Il consiste à utiliser le terrain pour se protéger des vues et des coups de l'ennemi en adaptant la vitesse et les trajectoires en fonction des obstacles de l'environnement physique, c'est-à-dire en empruntant en sécurité des itinéraires non reconnus. Le vol tactique est la « marque de fabrique » de l'ALAT. Il est enseigné par des instructeurs français à de nombreuses unités militaires étrangères. **Il se démarque du vol tactique de l'armée de l'air par sa proximité avec le sol puisqu'il se déroule en dessous de 50 mètres ou 150 pieds de hauteur.**

**De nombreux chantiers organisationnels et technologiques sont actuellement menés de front par l'ALAT ;** les plus emblématiques étant le remplacement de son parc d'hélicoptères par des appareils de nouvelle génération, la mise en place d'une simulation couvrant l'ensemble du spectre des missions et l'implémentation des outils liés au combat en réseau ou infocentré (Maulny, 2006).

**Notre recherche s'est déroulée au centre de simulation de la Base École Général Lejay où nous avons eu respectivement comme fonctions depuis 2005 :**

- **de 2005 à juin 2008 :** instructeur NumALAT ;
- **de juillet 2009 à juin 2012 :** responsable formation NumALAT ;
- **depuis juillet 2012 :** adjoint au commandant du centre de simulation.

**Au sens large, la préparation des missions (PM) de combat dans l'ALAT représente un ensemble de processus organisationnels (coordination, collaboration, etc.) et décisionnels** qui, à partir d'une agrégation des informations connues et disponibles de l'espace de bataille, permet une meilleure coordination des moyens et une réflexion la plus pertinente possible.

**Dans son acception informatisée (donc dans un environnement numérisé), la PM consiste à rassembler les informations géoréférencées hétérogènes dans un dispositif unique** (basé sur un Système d'Information Géographique ou SIG), puis proposer des outils

d'affichage et d'analyse de ces données. Enfin, les moyens informatiques doivent permettre l'exportation des résultats dans les Systèmes d'Information Terminaux (SIT) embarqués dans les hélicoptères (couplés à des récepteurs GPS et parfois à des centrales inertielle ou centrales à inertie).

## **2<sup>ème</sup> partie**

# **Les opérations réseau-centrées : nouvelle théorie de la guerre**

## Introduction de la 2<sup>ème</sup> partie

Cette deuxième partie est le pivot de notre recherche. Elle contient la synthèse d'une analyse quasi exhaustive de la littérature professionnelle et académique ayant trait à la guerre en réseau. L'objectif de cette étape est double : comprendre les fondements théoriques sous-jacents afin de sortir de l'impasse de la seule vision technologique du *Network-Centric Warfare* (NCW) et démontrer qu'il est maintenant possible de penser le NCW d'une manière à la fois académique et opérationnelle.

Le chapitre 4 est consacré à la compréhension des principes de la guerre en réseau grâce à un historique détaillé et à des exemples de concrétisation du NCW dans deux armées : les forces de défense australiennes et l'armée de Terre française. Le chapitre suivant (chapitre 5) présente la NumALAT qui est l'intégration de l'aérocombat dans la Numérisation de l'Espace de Bataille. Enfin, le chapitre 6 traite des résultats d'une série d'expérimentations réalisée sur le système de simulation tactique EDITH V3. Cette phase explique le virage qu'a pris notre recherche suite à l'apparition d'usages émergents développés par les équipages au contact des dispositifs de la NumALAT et plus précisément du MPME.

**Tableau 4. Structure de la 2<sup>ème</sup> partie de la thèse.**

|   |  |
|---|--|
| <p><b>1<sup>ère</sup> partie</b></p> <p><b>Légitimité d'une recherche en Systèmes d'Information</b></p>           |  |
| <p><b>2<sup>ème</sup> partie</b></p> <p><b>Les opérations réseau-centrées : nouvelle théorie de la guerre</b></p> |  |
| <p><i>Chapitre 4 La guerre en réseau ou la céleustique du XXI<sup>ème</sup> siècle</i></p>                        |  |
| <p>Section 4.1 Un historique du Network-Centric Warfare</p>   | <p>Section 4.2 La Numérisation des Forces Terrestres françaises</p>            |
| <p><i>Chapitre 5 La NumALAT ou la numérisation de l'aérocombat</i></p>  |  |
| <p>Section 5.1 Les systèmes embarqués</p>   | <p>Section 5.2 Les dispositifs de préparation et de restitution de mission</p> |
| <p><i>Chapitre 6 Du prescrit au réel, le cas du MPME</i></p>  |  |
| <p>Section 6.1 Impacts du MPME sur la mission</p>   | <p>Section 6.2 Découverte des usages émergents</p>                             |
| <p><b>3<sup>ème</sup> partie</b></p> <p><b>La sociomatérialité comme cadre d'analyse des usages émergents</b></p> |  |

**Chapitre 4**  
**La guerre en réseau ou la céleustique**  
**du XXI<sup>ème</sup> siècle**

## **Chapitre 4**

### **La guerre en réseau ou la céleustique du XXI<sup>ème</sup> siècle**

La première section de ce chapitre consacré à la guerre en réseau décrit le concept américain de *Network-Centric Warfare* ainsi que ses fondements théoriques. La seconde section traite de la vision française de la guerre en réseau, la Numérisation de l'Espace de Bataille.

## Section 4.1

### Un historique du *Network-Centric Warfare*

« Un outil ne vaut que par la main qui l'anime »

Maréchal de Lattre de Tassigny

---

#### 4.1.1. Le concept de *Network-Centric Warfare*

##### a. Du « *Digitization of the Battlefield* » au concept de NCW

Le NCW est un « concept d'opérations militaires fondé sur la supériorité informationnelle qui génère une augmentation de la puissance de combat grâce à la mise en réseau des senseurs, décideurs et tireurs. Il permet d'accéder à une situation opérationnelle partagée, d'accélérer le processus décisionnel et le tempo des opérations, d'augmenter la létalité et la survivabilité et d'atteindre un certain niveau d'autosynchronisation »<sup>37</sup> (United States Joint Staff, 2005).

Le NCW est un concept issu de l'évolution fulgurante des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) dans les économies occidentales à la fin des années 80. C'est l'un des mythes mobilisateurs de la supériorité militaire absolue des États-Unis qui découle de la Révolution dans les Affaires Militaires ou RMA (de Durand, 2003) et qui se veut être une réponse militaire globale émergente à l'ère de l'information.

Ce concept de NCW a été présenté pour la première fois en 1997 par le vice-amiral Américain Arthur Karl Cebrowski (directeur de l'*Office of Force Transformation* de novembre 2001 jusqu'à son décès en 2005) lors d'une conférence donnée à l'Institut Naval des États-Unis. Toutefois, c'est l'article « *Network-Centric Warfare : Its Origins and Future* »

---

<sup>37</sup> « *An information superiority-oriented concept of operations that generates increased combat power by networking sensors, decision-makers, and shooters to achieve shared awareness, increased speed of command, higher tempo of operations, greater lethality, increased survivability, and a degree of selfsynchronization* ».

(Cebrowski & Gartska, 1998) qui fait généralement référence (ce document fondateur dans le domaine du NCW est intégralement retranscrit en annexe 7). Cette « date de naissance » du NCW ne doit pas occulter des travaux antérieurs débutés par l'armée américaine dans les années 80 et qui faisaient déjà référence à certains de ses préceptes sous le vocable (toujours d'actualité) de « *Digitization of the battlefield* » (Cardine, 1994). On trouve entre autres les premiers systèmes opérationnels dès le milieu des années 90 faisant suite à des études ayant commencé dans les années 1980. De plus, la première démonstration de combat numérisé semble dater de mars 1993 (Cardine, 1994; Thomas, 1998) et la première expérimentation au niveau du bataillon, réalisée l'année suivante, se solda par un échec. Ce qui eut pour conséquence un rapport de la Cour des Comptes Américaine demandant de mettre en place des objectifs et résultats quantifiables... Enfin, la paternité du NCW est parfois contestée au profit de l'Amiral Owens (1995; 1996) qui aborda en 1995 plusieurs notions reprises lors de la conférence de Cebrowski de 1997. Cependant, l'article de l'Amiral Owens ne fait pas référence explicitement au NCW puisqu'il traite « uniquement » de l'émergence du principe de système de systèmes.

Concernant la notion de « *Digitization of the battlefield* », Cardine en donne une définition relativement proche du concept de NCW sans toutefois aborder une réelle vision du combat collaboratif en réseau : « La numérisation du champ de bataille fournit au combattant un réseau d'information numérique intégré qui supporte le système d'arme et qui assure la supériorité décisionnelle du commandement »<sup>38</sup>. L'auteur dépeint ensuite quatre problèmes qui ne sont pas encore totalement résolus, même pour le pays fondateur que sont les États-Unis :

- **incompatibilité des formats informatiques et protocoles radio** entre les systèmes de génération et de technologies différentes due, par exemple, à une faible cohérence d'évolution d'ensemble des TIC ou à une dyschronie des programmes d'armement ;
- **ambiguïté entre les aspects d'automatisation des fonctions C2 et celles liées à la numérisation du champ de bataille**. En d'autres termes, quelles sont les fonctions qui peuvent être automatisées pour alléger la gestion des combats et quelles sont celles qui

---

<sup>38</sup> « *It provides the Warfighter an integrated digital information network that supports warfighting systems and assures C2 decision-cycle superiority* ».

doivent uniquement rentrer dans le cadre de la dématérialisation des informations en laissant la décision finale par l'opérateur ?

- **éloignement des combats et capacité létale démultipliée.** Ce domaine est d'ordre éthique et fait face à des problématiques humaines comme celles des pilotes drones qui, grâce à la technologie, peuvent participer la journée à des interventions armées très dures et rentrer le soir chez eux comme n'importe quel employé de bureau ;

- **impact critique de la limitation des moyens de communication sur le combat.** Ce point, que nous aborderons plus loin, n'est pas propre au combat numérisé puisque la criticité des moyens de communication est présente depuis au moins la seconde guerre mondiale (exemple : la machine électromécanique portable d'origine allemande Enigma).

Le NCW s'intègre dans la notion plus large du processus de transformation (et non plus de révolution, encadré 16) des forces armées américaines et fait écho à la montée en puissance des TIC dans le monde civil. Il est parfois considérée comme une théorie émergente de la guerre, allant jusqu'à la remise en cause de certains principes militaires pluricentennaires comme le « brouillard de la guerre » et la « friction de combat » avancés par Clausewitz au 19<sup>ème</sup> siècle (Von Clausewitz, 2006; 1959). Toutefois, c'est principalement l'ère industrielle avec sa métrique dépassée (massification des hommes et des armes par exemple<sup>39</sup>) qui est considérée comme obsolète (Office of Force Transformation, 2005). L'ignorance des capacités ennemies dans les combats des siècles précédents, et donc de certaines informations quantitatives et qualitatives, entraînait *ipso facto* ce que Cares (2005) appelle « la taxe de l'ignorance »<sup>40</sup> : il fallait payer le prix en Hommes et matériels pour que la force brute rende simple un monde complexe... Cette logique est maintenant remplacée par le principe appelé *Effects Based Operations* ou EBO (Wasinski, 2009). La planification d'équipements est décidée en fonction de l'effet militaire que l'on souhaite atteindre et non plus en fonction de la puissance supposée de l'adversaire (Maulny, 2006). Selon ses partisans, un des objectifs principaux de l'EBO est l'amélioration de la précision des armes : « fournir la bonne

---

39 Publication annuelle éditée par l'Institut International d'Études Stratégiques : <http://www.iiss.org/publications/military-balance/>

40 « *Tax of ignorance* ».

information, au bon moment, au bon décideur afin d'activer le système d'arme adéquat et d'obtenir les effets souhaités »<sup>41</sup> (Cares, 2005).

#### Encadré 16

##### *Revolution, Transformation et Effects Based Operations*

Le terme *Transformation* a remplacé celui, plus polémique, de *Revolution* lancé en avril 1994 suite aux enseignements tirés de l'opération *Desert Storm* (1990-1991) : « les guerres que mèneront les États-Unis ne peuvent plus prendre la forme de l'opération *Desert Storm* en Irak. [...] les Américains s'étaient efforcés d'égaliser en nombre les forces armées irakiennes. [...] Les Américains vont donc *a posteriori* tenter de conceptualiser les conséquences de l'entrée en service dans les armées américaines de matériels incorporant des technologies nouvelles : TIC, senseurs, etc. » (Maulny, 2006).

Le principe d'**EBO** (ou EBAO pour l'OTAN) fait déjà débat au profit du concept de « *Comprehensive Approach* », plus éloigné de la version militaire américaine d'EBO (Johnson, 2009; Johnson, 2010; Millot, 2011). La définition française de l'Approche Globale est, dans le cadre de la gestion des crises extérieures, une « méthode visant à la prévention ou au règlement durable et rapide d'une crise par la synergie des actions réalisées par les différents intervenants dans les domaines de la gouvernance, de la sécurité et du développement économique et social » (Centre Interarmées de Concepts, de Doctrine et d'Expérimentations, 2012).

---

41 « *Providing the right information at the right time to the right decision-maker to apply the right weapon for the right effect* ».

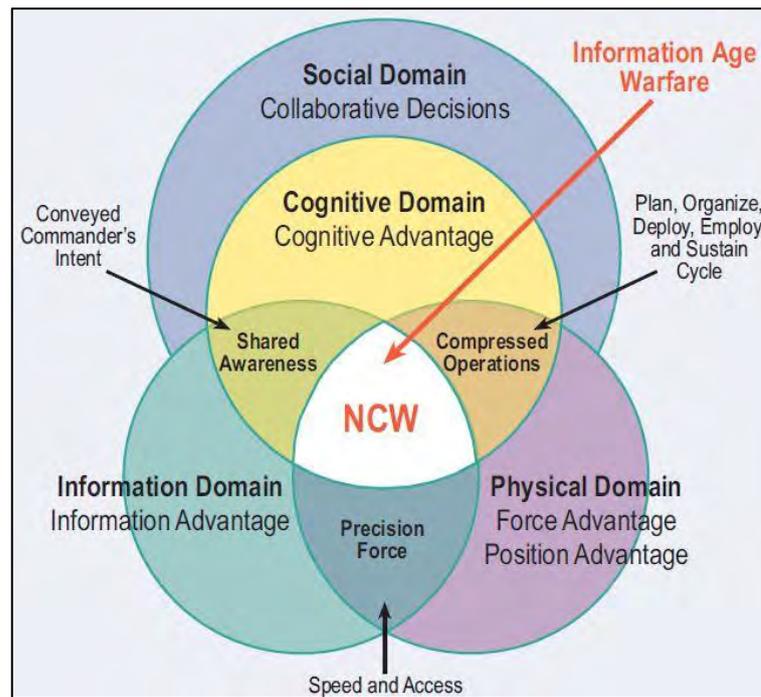


Figure 9. La guerre à l'âge de l'information (OFT, 2005).

*Commentaires de la figure 9* : le NCW se situe à l'intersection de quatre domaines de la guerre : le domaine physique, le domaine informationnel, le domaine cognitif et le domaine social :

- le **domaine physique** est l'espace spatio-temporel des combats. C'est donc le lieu et le moment où les unités militaires se déplacent et agissent. Il couvre l'espace terrestre, maritime, aérien et spatial. C'est donc le cadre spatio-temporel dans lequel le NCW est appliqué ;
- le **domaine informationnel** traite des informations mais aussi des moyens de les collecter, traiter et diffuser. Il inclut par conséquent les dispositifs techniques du NCW et ses principes physiques comme les ondes et le spectre électromagnétique ;
- le **domaine cognitif** traite de principes difficilement observables comme l'expérience, les compétences, les processus décisionnels et les capacités individuelles de maintenir et développer une conscience de la situation pertinente au sein des opérations réseau-centrées ;
- le **domaine social** représente les aspects culturels, symboliques et langagiers qui peuvent être compromis à travers une numérisation de l'ensemble des interactions qui se faisaient autrefois à la voix et en face-à-face.

## **b. Conséquences militaires du NCW**

Le NCW est généralement vu comme une théorie (le terme est employé) qui « avance que la mise en œuvre des concepts de l'âge de l'information que sont l'accélération des communications et l'augmentation de la conscience de la situation au travers d'un réseau vont améliorer à la fois l'efficacité et l'efficience des opérations militaires »<sup>42</sup> (Wilson, 2007). On peut aussi l'aborder d'une manière plus radicale comme le font Adams et al. (2012) en citant le *Department Of Defense* américain (US DOD) : « le NCW est une combinaison de tactiques, techniques et technologies émergentes qu'une force en réseau emploie pour créer un avantage décisif au combat »<sup>43</sup>.

Par conséquent, l'idée fondamentale du NCW est que la supériorité informationnelle apportée par la technologie peut permettre de choisir les meilleures options afin de prendre l'ascendant sur l'adversaire (Cebrowski & Gartska, 1998; Schnetzler, 2004). **En d'autres termes, la supériorité informationnelle se traduit par la victoire au combat : c'est l'infodominance par l'accélération de la « Kill Chain » : détection > décision > attaque > évaluation ». On rapproche donc la décision de l'action.** L'exploitation de l'information au sein de boucles courtes (directement entre plateformes de combat sans passer par l'ensemble du réseau hiérarchique) permet des actions en temps quasi-réel ou en temps réflexe (encadré 17) et la puissance militaire ne dépend plus du nombre de plateformes mais de leur capacité à s'intégrer dans un système cohérent. L'ère de l'information remplace l'ère industrielle.

Blaker considère que la vision armée du NCW provient de l'expérience de pilote de combat de Cebrowski. Il pense même que se fut « une révélation » lorsqu'il comprit que ce ne sont plus les qualités de pilotage du pilote qui comptent le plus mais sa capacité à s'intégrer efficacement dans un environnement numérisé (Blaker, 2007).

---

<sup>42</sup> « *NCW is a theory which proposes that the application of information age concepts to speed communications and increase situational awareness through networking improves both the efficiency and effectiveness of military operations* ». Nous rappelons que l'efficacité est le rapport entre les résultats atteints et les objectifs assignés et que l'efficience est le rapport entre les résultats atteints et les moyens utilisés.

<sup>43</sup> « *NCW refers to the combination of emerging tactics, techniques, and technologies that a networked force employs to create a decisive warfighting advantage* ».

**Encadré 17**

**Temps réel, temps réflexe et temps réfléchi**

Dans le cadre du NCW, le **temps réel** est un abus de langage car il est techniquement impossible de proposer aux opérateurs des actions en temps réel compte-tenu des limitations en termes de performance des réseaux radio et des différents temps de rafraîchissement des informations sur les écrans. Seuls les aspects de contre-mesures collaboratives peuvent être considérés comme fonctionnant en temps réel puisque les actions sont réalisées dès la détection d'une menace. Toutefois, ce principe n'intègre pas de décision humaine et pose d'autres problèmes, notamment de sécurité envers les unités amies qui pourraient se situer près de la plateforme terrestre émettant automatiquement, par exemple, des leurres thermiques.

L'emploi de l'expression **temps réflexe (ou quasi-temps réel)** semble donc plus approprié à notre étude puisqu'il prend en compte l'ensemble des limitations techniques et humaines. Il est difficile (voire inutile) de le quantifier car il dépend des caractéristiques propres aux dispositifs utilisés et des choix doctrinaux relatifs aux missions. Il correspond donc aux actions réalisées sans temps de réflexion humaine important. Dans le cadre d'un environnement numérisé collaboratif, il ne pourra que rarement descendre en dessous des 30 secondes du fait du temps de transmission des ordres et du rafraîchissement des positions cartographiques des unités amies et/ou ennemies.

Le **temps réfléchi** fait référence à un laps de temps allant de quelques minutes à plusieurs heures qui permet d'optimiser le traitement de l'information. On le rencontre en conduite et en préparation de mission.

Dans la vision tactique du NCW, Cebrowski (Office of Force Transformation, 2005; Blaker, 2007) se base sur trois principes (Luddy, 2005) qui permettront de concevoir et mettre en œuvre des actions efficaces, au sein d'une « infosphère » (Tomolya, 2005), plus rapidement que l'adversaire en interférant dans sa propre boucle de décision *Observe – Orient – Decide – Act*<sup>44</sup> et ainsi en le désorganisant, en lui dictant l'Optempo (*Operational Tempo*) et de lui opposant une complexité devenue ingérable :

---

<sup>44</sup> Concept développé par John Boyd ([http://en.wikipedia.org/wiki/OODA\\_Loop](http://en.wikipedia.org/wiki/OODA_Loop)).

- **la présence d'un réseau robuste** améliore le partage de l'information en se protégeant des cyberattaques. La robustesse d'une force numérisée comprend deux aspects : la résilience et la redondance des éléments du réseau (Defence Science and Technology Organisation, 2006) ;

- l'information partagée ou distribuée permet un véritable travail ou **combat collaboratif**<sup>45</sup> et améliore la qualité de l'information et la conscience de la situation partagée. Précisons que cette information peut être soit complètement partagée, c'est-à-dire commune à l'ensemble des opérateurs, soit différente mais complémentaire, c'est-à-dire distribuée selon les besoins des opérateurs. Les technologies en réseau, robustes et protégées, permettent la création d'une **Common (operational) Picture** (COP, figure 10, encadré 18), c'est-à-dire une image identique de l'espace de bataille, quel que soit son système d'arme « *net-ready* » : char de combat, hélicoptère, etc. Dès lors, les systèmes d'armes sont maillés, interopérables (pouvant aller jusqu'à l'interdépendance) et s'intègrent dans une sorte de « Communauté d'Intérêt » spatio-temporelle (hiérarchique, géographique ou de circonstance). L'armée américaine considère cette CP comme un outil de management de la connaissance : « La COP est un important outil de management de la connaissance. C'est une représentation unique de l'information pertinente dans la zone d'intérêt du chef, adaptée au besoin des opérateurs et basée sur des données et des informations communes et partagées par plusieurs commandements »<sup>46</sup> (U.S. Army, 2012) ;

- la **conscience de la situation partagée** autorise enfin le principe d'**autosynchronisation dynamique** au sein de forces totalement intégrées (on parlera notamment d'opérations conjointes ou *Joint Operations* afin d'exprimer le fait que les différentes armées puissent travailler ensemble). Ce dernier principe est le plus emblématique puisque selon Cebrowski les opérateurs seront capables de s'auto-organiser sans directives fortes du

---

<sup>45</sup> Au sens de Forest (2003) : « *To work jointly with others on a common goal that is beyond what any one person or Group can accomplish alone* » ou Himmelman : « *exchanging information, altering activities, sharing resources, and a willingness to enhance the capacity of another for mutual benefit and a common purpose* » (Himmelman, 2001; Wolff, 2010)

<sup>46</sup> « *An important KM tool is the common operational picture — a single display of relevant information within a commander's area of interest tailored to the user's requirements and based on common data and information shared by more than one command* ».

commandement. Le centre de recherche australien *Defence Science and Technology Organisation* (DSTO) a construit une définition plus précise :

**L'autosynchronisation** est la capacité « d'unités militaires d'orchestrer automatiquement leurs actions en fonction de l'intention donnée par le chef au lieu d'attendre des ordres ou instructions directs et explicites supplémentaires »<sup>47</sup> (Defence Science and Technology Organisation, 2005).

Cebrowski finit donc par contester la hiérarchie des armées napoléoniennes traditionnelles, industrielles et cloisonnées, qui limite ces nouvelles possibilités soutenues par une meilleure conscience de la situation des unités militaires dispersées géographiquement (Alberts & Hayes, 2003). Ces unités doivent être nombreuses, petites, agiles et ne doivent pas dépendre d'une longue structure hiérarchique verticale.

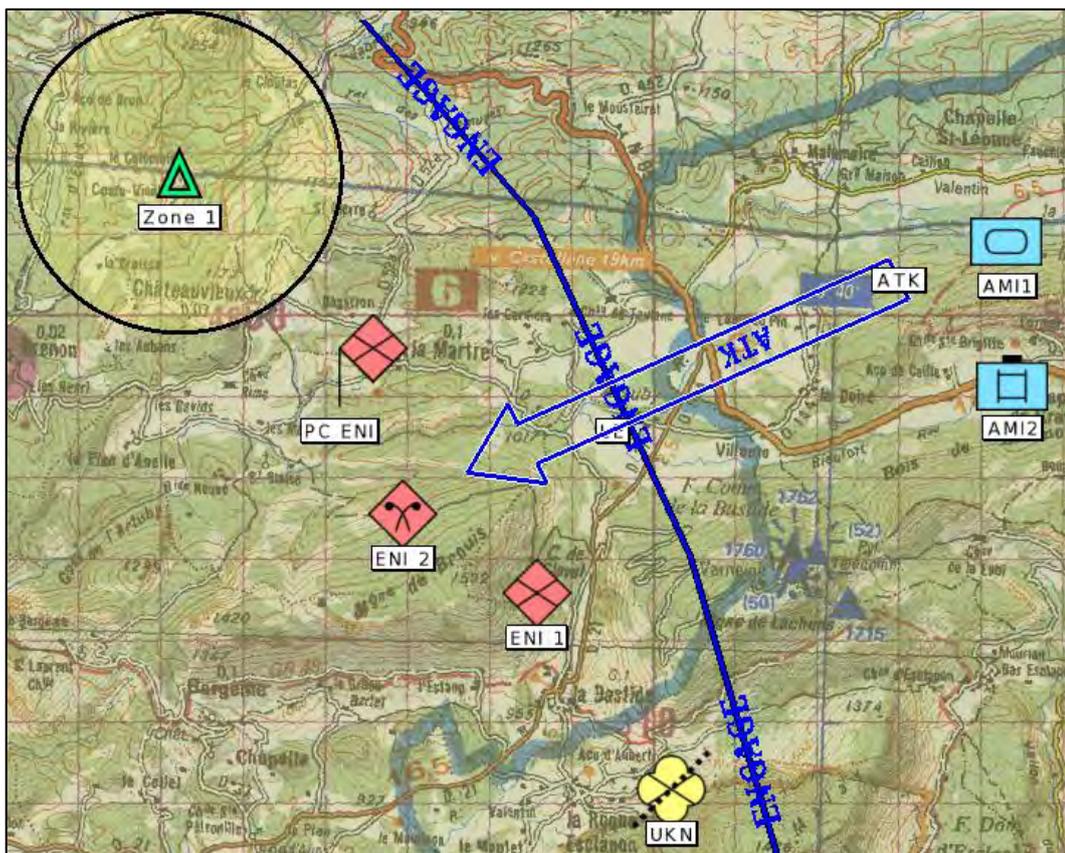


Figure 10. Exemple d'une partie d'une CP.

<sup>47</sup> « self-synchronisation is about independent military units automatically orchestrating their actions in accord with a Commander's intent rather than waiting for direct orders or explicit instructions ».

**Commentaires de la figure 10 :** cette CP témoigne de l'intérêt de travailler sur des symboles standardisés. Les losanges rouges indiquent des positions ennemies, les rectangles bleus des positions amies et le nuage jaune, la position d'une unité inconnue. La zone circulaire jaune représente un espace protégé, la ligne de couleur bleue l'axe à partir duquel l'engagement de l'ennemi est autorisé et la flèche de même couleur, l'axe « d'effort » des unités amies pour progresser en territoire hostile.

#### Encadré 18

##### Les objets d'une *Common Picture*

Nous considérons l'expression française de situation tactique (SITAC) comme synonymes de la CP. De plus, il est superflu de faire la différence dans notre travail entre la situation tactique de référence (celle qui a cours à un moment donné), la situation tactique de travail (celle qui est en préparation) et la situation tactique consolidée (décrivant des objets de la situation tactique de référence validés par les autorités compétentes).

En fonction des capacités des logiciels, cette SITAC présentée sur une cartographie numérique est constituée de différents types d'objets pouvant être associés selon des relations de subordination (Ordre De Bataille<sup>48</sup>) ou sous la forme de « collections liées » (cas des objets complexes). Ces objets peuvent être considérés comme des Données Quasi-Permanentes (DQP, bases de données stables connues de tous les SIOC) ou de circonstances (objets propres à une mission et évolutifs durant cette mission). On peut donc trouver :

- des **objets ponctuels** avec, pour chacun d'eux, une unique paire de coordonnées X et Y (longitude et latitude) et différentes informations thématiques comme l'altitude (Z), l'attitude (déplacement, statique, agressif, etc.), l'autonomie, le niveau hiérarchique, un numéro ou identifiant L16, etc. La Liaison 16 est la Liaison de Données Tactiques OTAN des moyens aériens (y compris les systèmes antiaériens et les navires transportant des aéronefs). Exemples : unités ou pistes terrestres / maritimes / aériennes, points d'intérêt, baptêmes terrain, balises aéronautiques de campagne, obstacles ;

- des **objets linéaires** avec, pour chacun d'eux, une suite non fermée de paires de coordonnées et différentes informations thématiques comme l'altitude (Z), des horaires de validité, des

---

<sup>48</sup> Un Ordre De Bataille ou ODB est une structure arborescente représentant les liens hiérarchiques entre les différentes unités et les éléments composant ces unités (matériels, personnels, etc.).

directions, etc. Exemples : navigations, lignes de manœuvre, lignes « *Identification Friend and Foe* » ou IFF<sup>49</sup>, obstacles linéaires ;

- des **objets surfaciques** avec, pour chacun d'eux, une suite fermée de paires de coordonnées et différentes informations thématiques comme des tranches d'altitudes (Z bas et Z haut), des créneaux horaires d'activation, des consignes d'action, etc. Exemples : zones d'engagement, zones contrôlées ;

- des **objets d'actions types ou d'informations diverses** comme les secteurs pour l'observation ou pour le tir, des flèches caractérisant l'avancée de l'ennemi, les relèvements des capteurs de la vétronique (*Electronic Warfare System* ou télémètre laser), etc. Pour la société SAGEM, la vétronique comprend « les systèmes électroniques fonctionnels qui contrôlent la navigation, les communications, les systèmes d'observation, l'énergie, la motorisation et les systèmes d'armes des véhicules militaires » (SAGEM - Groupe SAFRAN, s.d.).

Une autre des caractéristiques principales du NCW est de réduire l'attrition (la logique du « zéro mort » se retrouve aussi dans cette idée). Le « vrai » combat est cognitif, les avantages de la maîtrise de l'information sapent la motivation des opposants en bloquant toutes leurs actions offensives et défensives. Cela doit permettre une réduction des dommages, notamment collatéraux. Le NCW serait alors une forme supérieure de moralité en diminuant les risques de dommages aux civils. Toutefois, Cebrowski précise que la numérisation des forces doit s'accompagner d'une évolution de la culture, de l'organisation et de la formation car numériser des forces armées industrielles traditionnelles ne permet pas de bénéficier de toutes les potentialités du NCW.

Cette réduction de l'attrition est pourtant remise en cause dans les crises actuelles (Irak, Afghanistan, etc.) car la guerre en réseau ne supprime pas le besoin de troupes importantes pour les phases de stabilisation et de normalisation (encadré 19).

Enfin, Dekker (2008) présente une typologie de l'architecture possible du NCW selon deux axes (figure 11) : hétérogénéité / homogénéité des nœuds du réseau (entités militaires) et

---

<sup>49</sup> L'IFF est un système d'identification crypté mis au point pour le commandement et le contrôle qui permet aux radars d'approche civils ou militaires de reconnaître des avions « amis » et de déterminer leur cap ainsi que leur distance (source vérifiée : Wikipédia).

symétrie / asymétrie de valeur des nœuds du réseau. Il en déduit 7 types de configurations généralisables (avec 4 sous-types supplémentaires) en 3 idéaux-types :

- la **configuration centralisée** « A » avec une hétérogénéité forte des entités et un unique nœud à forte valeur ;
- la **configuration basée sur les demandes** « E » avec une hétérogénéité forte des entités mais de même valeur dans le réseau ;
- la **configuration de type *swarming*** « G » avec une homogénéité forte des entités de même valeur dans le réseau.

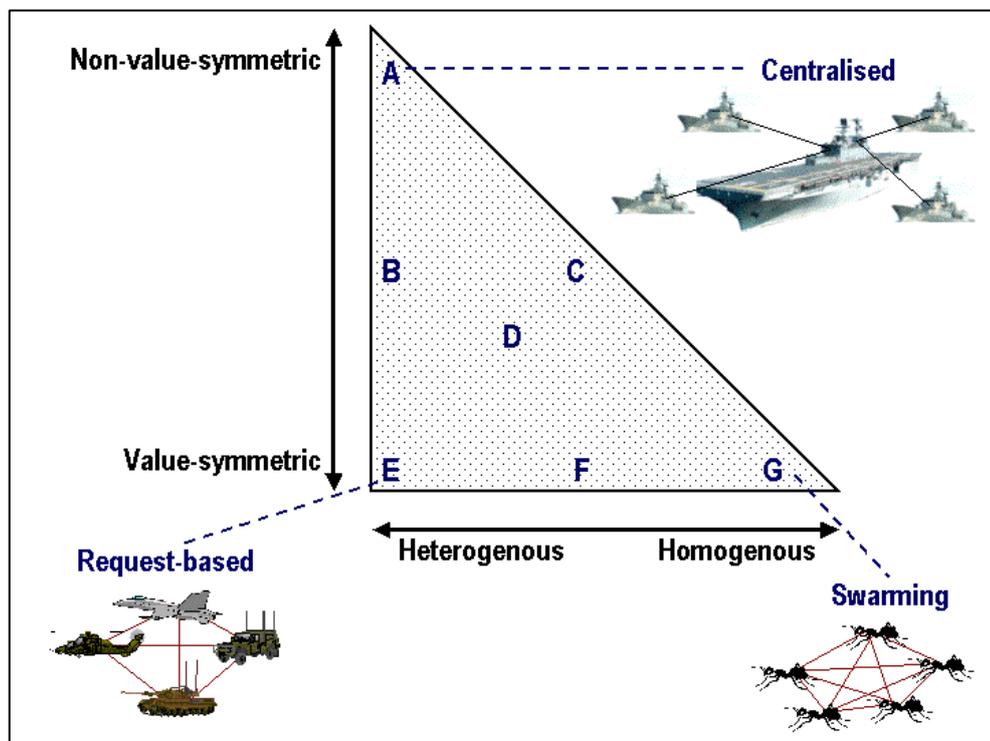


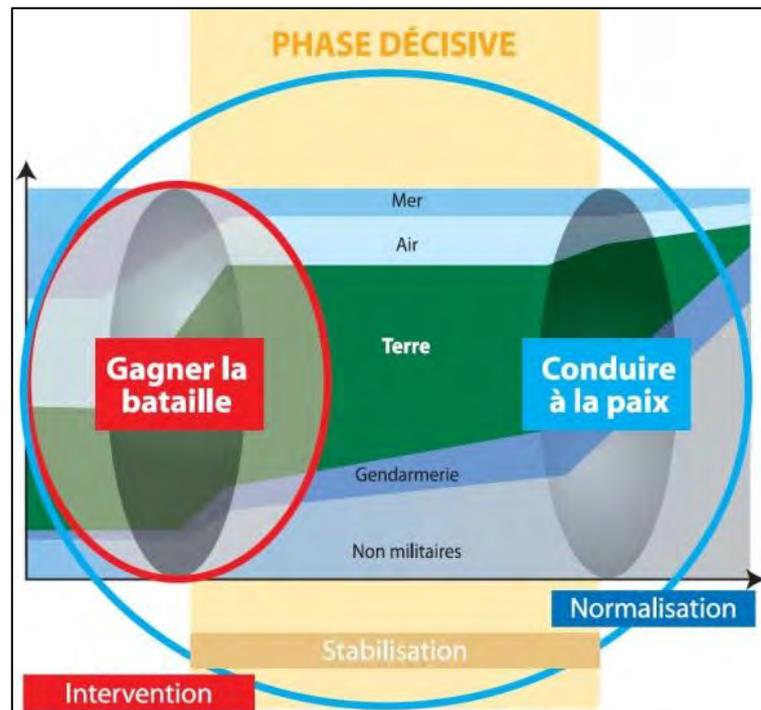
Figure 11. Les 7 architectures possibles du NCW (Dekker, 2008).

*Commentaires de la figure 11 :* ces deux axes nous semblent similaires aux degrés d'interdépendance fonctionnelle et informationnelle entre les composants d'une organisation présents dans les travaux sur le design organisationnel de Barbaroux (2010).

**Encadré 19**

**Continuum des opérations**

Le **continuum temporel des opérations** défini par la France présente trois phases (Centre de Doctrine d'Emploi des Forces, 2007a) : phase d'intervention (« gagner la bataille ») > phase de stabilisation (considérée comme la phase décisive) > phase de normalisation (« conduire à la paix »).



**Figure 12. Le continuum des opérations (CDEF, 2007a).**

**c. Les 6 mythes persistants du NCW**

Nos travaux s'inscrivent dans l'approche tactique du NCW et dans sa version terrestre. Plus précisément, nous nous intéresserons au niveau tactique bas, c'est-à-dire aux unités en contact direct avec l'ennemi. La vision tactique du NCW fait actuellement face à au moins six mythes ou idées reçues présents dans notre terrain de recherche et régulièrement mis en avant par les équipages de l'ALAT ou dans la majorité des articles professionnels et académiques dont sont issues nos réflexions. Ce fait récurrent est dû à une distorsion des concepts fondateurs du NCW, à la persistance de « légendes urbaines » réduisant le NCW à des premières expériences purement technologiques et non abouties vécues comme des échecs par de nombreux pilotes entre 2002 et 2007 et, concernant les auteurs des articles, qu'ils soient

d'ordres académique ou professionnel, à une méconnaissance des activités réelles des équipages en situation de combat non numérisé. Enfin, il ne faut pas oublier que la persistance de plusieurs de ces mythes est aussi due au développement du NCW dans un contexte historico-culturel encore proche des hypothèses militaires de la guerre froide, ou du moins de la guerre industrielle : la majorité des décideurs et de nombreux pilotes opérationnels ont débuté leurs carrières avec comme seule éventualité l'invasion massive de l'armée soviétique ; doctrine de formation conservée, à tort ou à raison (la question n'étant pas là), de nombreuses années après la balkanisation de l'URSS.

**- 1<sup>er</sup> assertion :** « le NCW est l'informatisation à outrance des systèmes d'armes américains »

Le NCW n'est pas simplement une évolution technologique de l'armée américaine mais la base d'un nouveau corpus doctrinal sur la supériorité informationnelle, l'infodominance, des États-Unis (et de ses pays alliés en général). L'infodominance doit être comprise ici comme « l'accès à l'ubiquité, à la connaissance situationnelle sur le champ de bataille, la vitesse, la synchronisation nécessaires à la neutralisation des crises et conflits par la « perclusion » stratégique » (Bédar, 2002). De plus, l'implémentation du NCW entraîne une coévolution de l'ensemble du système militaire. L'armée américaine indique 7 domaines fonctionnels en interactions : la doctrine (encadré 20), l'organisation, l'entraînement, la technologie, le leadership et la formation, les ressources humaines et les infrastructures (Office of Force Transformation, 2005). Cet ensemble de domaines est généralement présenté sous la forme d'un sigle : DOTMLPF pour « *Doctrine, Organization, Training, Materiel (technology), Leadership and Education, Personnel, Facilities* ».

**- 2<sup>ème</sup> assertion :** « la numérisation ne fait pas gagner les batailles, notamment dans les nouveaux conflits asymétriques ou opérations de contre-insurrection (COIN), c'est une réelle remise en cause du NCW ! »

L'échec avancé par ses détracteurs (avec des arguments tout à fait valables dans une phase d'implémentation des TIC) ne remet pas en cause l'intégration des technologies au combat et la notion d'infostructure (Alberts, et al., 1999) en général mais plutôt l'enveloppe conceptuelle novatrice de la guerre en réseau et ses approches politico-stratégiques dérivées (Lawson, 2010; Pattee, 2008). Pour preuve, le terme de NCW n'est plus présent dans les documents officiels de l'armée américaine depuis plusieurs années. Mais la numérisation n'a

pas cessée pour autant et « la pression du progrès se fait de plus en plus sentir » (Tanguy, 2012). Le Général de Brigade Randal A. Dragon, chef du *Brigade Modernization Command* appuie cette idée, sans citer explicitement le principe du NCW, lorsqu'il indique en 2012 que « dans cette ère numérique, nous sommes maintenant capable de transmettre de l'information rapidement et en grande quantité afin de créer une *Common Picture* qui permet aux chefs de commander efficacement et d'envoyer leurs Hommes au bon endroit au bon moment »<sup>50</sup>.

D'ailleurs, il ne nous semble pas raisonnable de mettre sur le même plan une doctrine de nature militaire (la partie « armée » du NCW) et une menace de nature politique (par exemple une opinion publique défavorable) afin de les opposer... En effet, il ne faut oublier que la numérisation des unités amies est au moins aussi importante en mission que l'échange de données sur les positions et action ennemies qui sont dans un contexte de contre-insurrection effectivement difficiles à connaître. L'ensemble des armées continuent donc dans la voie du NCW. L'OTAN participe également activement à cette évolution (qu'elle nomme aussi *Transformation*) avec le concept de *Nato Network Enabled Capability* ou NNEC (Thum, 2010). Enfin, même si les conflits asymétriques réduisaient effectivement l'intérêt sur le long terme de la guerre en réseau, nous ne pourrions exclure l'éventualité d'apparition de conflits plus conventionnels comme celui de la Libye en 2011.

#### Encadré 20

##### La doctrine française

La **doctrine française** est la « mise en œuvre des principes issus d'un concept structurant, en tenant compte des capacités et des organisations existantes. S'appuyant sur le concept (formalisation de la réflexion sur l'emploi de tout ou partie des forces armées dans un domaine donné), elle explique « comment » les forces armées doivent concevoir et conduire leur action ». La doctrine d'emploi des forces correspond, quant à elle, aux « principes fondamentaux selon lesquels les forces doivent agir et être coordonnées dans les différents types d'opérations pour remplir avec succès les missions qui leur sont confiées » (Centre Interarmées de Concepts, de Doctrine et d'Expérimentations, 2012).

---

<sup>50</sup> « *In this digital age, we're now able to pass information rapidly – large quantities of information to create a Common Picture so that commanders can command effectively and get their soldiers to the right place at the right time* ».

La doctrine détaille **trois types de conflits** : les conflits symétriques opposent des forces armées de nature similaire (quantitativement et qualitativement) et visent la victoire militaire. Les conflits dissymétriques engagent des armées de nature similaire mais quantitativement et qualitativement différentes. Les conflits asymétriques sont soumis à une disparité de nature des buts de guerre, des moyens et des manières d'agir (Armée de Terre, 2008; 2007).

- **3<sup>ème</sup> assertion** : « le NCW déshumanise les combats »

Le NCW est avant tout une nouvelle manière de penser « *Network-Centric Thinking* » (Alberts, et al., 1999) où l'humain est au centre des considérations. La technologie, et plus généralement le technodéterminisme ambiant, n'est que le support ou le résultat (selon le point de vue que nous adoptons) de sa mise en œuvre visible dans le contexte militaire : une des clés du succès au combat est la bonne utilisation de l'information partagée et supportée par la technologie, mais pas la technologie en elle-même. C'est bien l'intelligence tactique des combattants et la conservation du principe de subsidiarité qui délivreront tout le potentiel de la technologie. Le principe de subsidiarité conduit à ne pas faire à un échelon plus élevé ce qui peut être fait avec la même efficacité à un échelon plus bas. Le niveau supérieur n'intervient que si le problème excède les capacités du niveau inférieur (principe de suppléance). Le passage d'une vision centrée-plateforme (véhicule aérien, terrestre, maritime ou spatial autour duquel est fabriqué le système d'armes) à une vision centrée-réseau nécessite de considérer les aspects conceptuels, organisationnels, Facteurs Humains (Paulin, et al., 2009), etc. Si ces domaines ne sont pas abordés, la technologie de la guerre en réseau permet effectivement de passer outre le principe de subsidiarité en pratiquant, de la part du supérieur hiérarchique, l'ingérence, l'entrisme ou le micro-management. À l'inverse, on trouve aussi l'expression de « caporal stratégique » afin d'indiquer les répercussions fortes aux niveaux stratégique, politique et médiatique d'une action d'un soldat au combat. On retrouve finalement le paradoxe classique des Progiciels de Gestion Intégrés ou PGI qui souligne, grâce ou à cause de l'unicité de l'information et à l'interconnexion de toutes les fonctions de l'entreprise, l'effet centralisateur du contrôle et l'effet décentralisateur offrant plus d'autonomie aux opérateurs.

Il convient aussi de réfléchir sur la problématique de la transmission de l'information. L'informatique ne reproduit pas les sentiments et informations implicites de la voix. C'est une des raisons pour laquelle la voix du chef ne disparaît pas. Les contacts classiques en phonie ne seront certainement pas supprimés au niveau tactique.

Au final, même les drones les plus évolués possèdent des pilotes humains : la robotisation du champ de bataille reste une utopie car il n'existe pas vraiment de robots autonomes disposant de suffisamment d'intelligence artificielle pour exclure la présence de l'homme « dans la boucle » (Danet, 2009).

- **4<sup>ème</sup> assertion** : « le combat NCW se déroule sur des écrans comme dans le film de Steven Spielberg de 2002 *Minority Report* ! C'est l'utopie de la surveillance panoptique ! ».

Le terme « panoptique » fait référence à un concept architectural carcéral proposé par le philosophe Anglais Jérémy Bentham (15 février 1748 – 6 juin 1832) qui permet d'observer l'ensemble des détenus enfermés dans des cellules transparentes à partir d'une position centrale. L'utilisation de « surveillance panoptique » indique donc que l'ensemble des faits et gestes des équipages est potentiellement observable et évaluable, ou du moins, enregistrable dans les mémoires de masse des systèmes informatiques embarqués.

S'il est certain que les écrans remplacent les cartes en papier dans les états-majors, ce mythe du « désengagement des individus de leur environnement » ne peut pas encore être confirmé (ou infirmé) au niveau tactique à cause de la jeunesse des dispositifs techniques. L'effet « tunnélisation » défini par Amalberti comme le « rétrécissement de l'attention avec réduction du niveau d'abstraction des activités cognitives » n'est pas prouvé dans notre contexte et l'on constate au contraire une réorientation des tâches des combattants vers « l'extérieur » car les outils informatiques libèrent du temps pour mieux prendre en compte les contraintes du terrain (cas de la géolocalisation automatique par exemple). Il y aurait donc un effet d'attraction des nouveaux moyens technologiques (dû aussi à la phase d'apprentissage) mais ce dernier ne pourrait être que transitoire.

- **5<sup>ème</sup> assertion** : « les réseaux informatiques peuvent être soumis à des cyberattaques (encadré 21) et il suffit de détruire le nœud central du réseau pour bloquer l'ensemble de la manœuvre ».

De nouvelles menaces sont en effet apparues. Libicki (1995) classe par exemple sept types de Guerre de l'Information (« *Information Warfare* ») dont trois peuvent être directement associées au NCW : *Command and Control Warfare*, *electronic warfare* et *hacker warfare*. Néanmoins, le blocage de la manœuvre par l'attaque du nœud central est tout aussi vrai dans le cas d'un réseau classique en phonie. Il n'est pas admis non plus qu'il soit si simple de pénétrer une LDT militaire provisoire et une architecture de confiance incluant de nombreux

dispositifs existe pour se protéger de telles attaques (Waters, 2008) : Système de Détection d’Intrusion, parefeux, cryptographie, *InfoCards* personnelles, certificats, redondance des dispositifs dispersés géographiquement, authentification biométrique, principe de minimalisme, téléinvalidation, *Cyber-Situational Awareness*, etc. Enfin, les pays mettant en œuvre le NCW sont aussi ceux qui disposent des technologies de communication les plus avancées. En des termes plus stratégiques, voire métaphoriques, les barrières à l’entrée<sup>51</sup> sont à l’heure actuelle très solides.

#### Encadré 21

##### Cyberattaques

Une **cyberattaque** est une « action volontaire, offensive ou malveillante, menée au travers du cyberspace et destinée à provoquer un dommage (en disponibilité – intégrité — confidentialité) aux informations ou aux systèmes qui les traitent, pouvant ainsi nuire aux activités dont ils sont le support. Élaborée dans le but d’atteindre un objectif, une cyberattaque peut être ponctuelle, mais peut également s’inscrire dans la durée. Elle peut alors être évolutive et capable de s’adapter aux mesures défensives qu’elle rencontre » (Centre Interarmées de Concepts, de Doctrine et d’Expérimentations, 2012).

- **6<sup>ème</sup> assertion** : « la charge de travail va augmenter »

La quantité importante d’informations à gérer par les combattants conduirait à la surcharge informationnelle et au blocage décisionnel. Ce mythe pourrait s’avérer vrai si les informations à traiter dans les combats actuels étaient peu nombreuses. Toutefois, ce n’est pas le cas et le temps passé sur les artefacts traditionnels comme la carte en papier consomme beaucoup de ressources cognitives, même pour des experts, car il y a un temps incompressible concernant certaines actions manuelles : relevé de coordonnées, report des positions ennemies, etc. Ces tâches, qui émanent d’une culture et d’un apprentissage longs semblent pourtant être simples et rapides par rapport à l’utilisation des nouveaux dispositifs embarqués. Par conséquent, le problème n’est pas directement la quantité d’informations à gérer, qui restera globalement constante par rapport au combat analogique, mais la manière de s’y prendre pour les gérer dans un environnement de travail modifié. Il s’agit donc plutôt d’une transformation de

---

<sup>51</sup> Les barrières à l’entrée sont les « facteurs que les entrants potentiels doivent surmonter pour pouvoir concurrencer les organisations déjà en place dans une industrie » (Johnson, et al., 2011).

certaines activités comme les capacités de navigation à l'estime. Nova (2009) précise que « nous allons effectivement perdre en chemin certaines dynamiques, mais cela ne signifie pas que les anciennes pratiques (comme la lecture de cartes) vont disparaître, ni qu'il n'y a pas un bénéfice à retirer de ces outils ».

**d. « Battlefield Digitization » et « Global Information Grid »**

La concrétisation du NCW dans les forces armées américaines est protéiforme et difficile à cerner notamment à cause du nombre important de projets et programmes d'armement abandonnés ou en cours liés à ce sujet. La segmentation et la liberté d'action importante des différentes armées (*US Army, US Marines Corps, US Navy, US Air Force, etc.*) compliquent encore les choses. Ce qui est certain, c'est que l'acronyme NCW n'apparaît plus dans les différents textes édités par les forces armées. *De facto*, de nombreux « mots-valises » et autres *buzzwords* surgissent régulièrement. Néanmoins, deux principes apparaissent régulièrement dans la littérature professionnelle : le *Battlefield Digitization* et le *NetOps - Global Information Grid*.

- **Retour vers le futur**

Le *Battlefield Digitization* correspond à la dématérialisation des informations avec les technologies associées. Cette numérisation du champ de bataille, que nous avons déjà rencontrée au début de ce chapitre, caractérise correctement l'opérationnalisation du NCW sur le théâtre d'opérations puisqu'il est maintenant défini comme « l'utilisation des technologies de l'information pour acquérir, partager et exploiter l'information dans l'ensemble du champ de bataille. Les technologies numériques permettent aux unités militaires de recevoir au bon moment les informations et d'accélérer le cycle de décision du commandement et du contrôle »<sup>52</sup>. Shipley (1998) indique à ce sujet que le point central de la réussite de ce projet est l'interopérabilité des différents systèmes.

---

<sup>52</sup> « Digitization is the application of information technologies to acquire, exchange, and employ information throughout the entire battlefield. Digital technologies enable units to receive timely information and speed up the command and control decision-cycle » (Shipley, 1998).

- **Vers une défense complètement intégrée**

Les États-Unis sont actuellement engagés dans un processus de convergence des dispositifs et réseaux existants via le NetOps, le principe de gouvernance du ministère de la Défense des États-Unis couvrant les capacités opérationnelles, organisationnelles et technologiques destinées à la mise en œuvre et à la protection du *Global Information Grid* ou GIG. Le GIG est donc une infrastructure de « servuction » à l'échelle mondiale incluant « tous les systèmes et services informatiques et de communication en propre ou en *leasing*, les logiciels, données, services de sécurité et les autres services permettant d'atteindre la supériorité informationnelle »<sup>53</sup> (Chief Information Officer, 2008).

**L'objectif du NetOps dans les opérations réseau-centrées (« *Net-Centric Operations* ») est de permettre au GIG de fournir aux opérateurs de tous niveaux, et dans n'importe quel environnement, les informations dont ils ont besoin.** Afin de réussir ce challenge, les capacités du NetOps sont orientées « mission », focalisées sur l'utilisateur, agiles au niveau global et évolutives en fonction des technologies et doctrines.

À un niveau tactique, ce processus vise par exemple une convergence systématique des outils. Elle se traduit par plusieurs alternatives allant de **l'intégration**<sup>54</sup> où l'objectif est de réduire le nombre de type de dispositifs matériels et logiciels afin de concevoir un seul système intégrant l'ensemble des fonctionnalités logicielles des anciens dispositifs (ces dernières n'étant pas modifiées) à **l'absorption** qui fait table rase des dispositifs existants afin de créer un nouveau système.

---

<sup>53</sup> « *All owned and leased communications and computing systems and services, software (including applications), data, security services, and other associated services necessary to achieve Information Superiority* ».

<sup>54</sup> L'intégration et l'absorption ne doivent pas être considérées ici comme des concepts académiques mais comme des solutions technologiques envisagées par le DOD américain.

**Encadré 22**

***Capability Set 2013 ou la numérisation de l'US Army.***

Bien que le concept de NCW soit d'origine américaine, la numérisation des forces terrestres, *LandWarNet*, est loin d'être complétée<sup>55</sup>. Sa mise en œuvre technique se place sous le vocable « d'ensemble de capacités 2013 » (*Capability Set 2013* ou CS13) qui proposera dans les années à venir, au niveau tactique, un véritable réseau intégré des postes de commandement jusqu'aux soldats débarqués (Seffers, 2012).

Le CS13 offrira des possibilités de commandement en temps réflexe et en mobilité via des moyens de communication comme le WIN-T *increment 2* (*Warfighter Information Network – Tactical*), le *Joint Capabilities Release / Blue Force Tracking 2* (JCR/BFT 2, successeur du FBCB2/BFT (*Force XXI Battle Command Brigade-and-Below / Blue Force Tracking*), et le *NETT*<sup>56</sup> *Warrior*.

**4.1.2. Le concept capital d'interopérabilité**

L'interopérabilité doit tout d'abord être technique, mais ce n'est pas suffisant. Il se doit d'être présent dans quatre domaines : physique (l'environnement où se déroulent les combats), informationnel (dont les dispositifs techniques), cognitif et social<sup>57</sup>. Alberts et Hayes (2003) déclinent l'interopérabilité en cinq niveaux (« *NCW Maturity Model* ») et selon deux dimensions : le développement de la conscience de la situation et les capacités de commandement et de contrôle ou C2 (tableau 5). Les niveaux 0 et 1 se placent dans le domaine technique et correspondent simplement aux capacités d'échange de données entre

---

<sup>55</sup> Pour le lecteur déjà expert dans le domaine de la numérisation et souhaitant développer cet aspect concernant l'*US Army*, deux sites Internet officiels proposent le téléchargement libre de documents régulièrement mis à jour :

<http://peoc3t.army.mil/c3t/> et <https://www.bliss.army.mil/BMC/default.html>.

<sup>56</sup> Le mot *NETT* ne fait pas référence à *Network* mais a été choisi en l'honneur du Colonel Robert B. Nett (1922 – 2008) pour ses actions dans les Philippines durant la seconde guerre mondiale.

<sup>57</sup> Les britanniques identifient trois domaines d'interopérabilité légèrement différents : le domaine physique correspond aux dispositifs techniques, le domaine virtuel traite des logiciels mais aussi des représentations des différentes informations et le domaine conceptuel aborde la doctrine et la compréhension commune de l'information (Mandille, 2003).

plusieurs entités. Le niveau 2 automatise l'échange d'informations mais reste au niveau technique. Au niveau 3, on intègre le domaine cognitif grâce à une conscience de situation partagée. Le niveau 4 autorise l'autosynchronisation dynamique du NCW. **Les auteurs précisent que la technologie est cruciale mais inutile sans des adaptations organisationnelles, comportementales et processuelles.**

Le concept d'**interopérabilité** est central. Il est la condition *sine qua non* de la réussite du NCW. C'est l'aptitude des forces militaires à « s'entraîner, à s'exercer et à opérer efficacement ensemble en vue d'exécuter les missions et les tâches qui leur sont confiées » (Centre Interarmées de Concepts, de Doctrine et d'Expérimentations, 2012).

L'OTAN propose parallèlement une échelle d'interopérabilité intéressante au sein du NNEC. Comme nous l'avons découvert plus haut, le NNEC est la vision du NCW de l'OTAN. Cette capacité réseautrice est une priorité absolue de l'Alliance. Sa définition officielle est « la capacité cognitive et technique de l'Alliance de fusionner les différentes composantes de l'environnement opérationnel du niveau stratégique jusqu'au niveau tactique grâce à une infrastructure de l'information »<sup>58</sup> (Thum, 2010). Le modèle « *NATO NEC C2 Maturity* » croise trois dimensions (Alberts, et al., 2010) : le niveau de délégation dans les processus de décision, les capacités d'interopérabilité à proprement parler et le degré de diffusion entre les participants. Ensuite, on trouve cinq niveaux de maturité correspondant à cinq niveaux capacitaires réseautrices. Le tableau suivant place en parallèle les deux modèles. Il est alors aisé de visualiser les logiques similaires du NCW et du NNEC.

---

<sup>58</sup> « *The Alliance's cognitive and technical ability to merge the various components of the operational environment from the strategic level down to the tactical level through a networking and information infrastructure* » (Thum, 2010).

**Tableau 5. Niveaux d'interopérabilité (NCW et NNEC).**

| Modèle de maturité C2 NNEC OTAN |   | Modèle de maturité du NCW |   |
|---------------------------------|---|---------------------------|---|
| Niveau de maturité C2           | Niveau capacitaire réseaucentrique                  | Niveau de maturité NCW    | Niveau capacitaire réseaucentrique                        |
| Niveau 5                        | Opérations cohérentes<br>Autosynchronisation        | Niveau 4                  | Autosynchronisation                                       |
| Niveau 4                        | Opérations intégrées, collaboratives                | Niveau 3                  | Conscience de situation partagée                          |
| Niveau 3                        | Opérations coordonnées                              | Niveau 2                  | Combat coordonné  |
| Niveau 2                        | Opérations autonomes mais « déconflictées »         | Niveau 1                  | Idem niveau 0 en augmentant la diffusion de l'information |
| Niveau 1                        | Opérations disjointes, absence d'objectif collectif | Niveau 0                  | Échange d'informations non automatisé et C2 traditionnel  |

#### ***4.1.3. L'Australie : un exemple pragmatique de concrétisation du NCW***

*« La majorité des problèmes qui émanent de la mise en réseau ne sont ni techniques ni économiques, mais culturels et sociaux. Malheureusement, ces difficultés sont celles que les forces armées australiennes ont le plus de mal à résoudre. »*

*(Schmidtchen, 2005)*

L'Australie a choisi de concrétiser le concept de NCW en établissant dès 2003 une feuille de route régulièrement mise à jour (Australian Government Department of Defense, 2005;

2009; 2007)<sup>59</sup> et destinée à détailler les trois étapes de la numérisation de l'ensemble de ses entités et domaines d'interopérabilité (Terre, Air, Mer, Intelligence – surveillance – reconnaissance (ISR), interarmées et interalliées) pour 2030 :

- 1. création des fondements du NCW** (2003 à 2010) ;
- 2. construction des forces numérisées** (2010 à 2020) ;
- 3. évolution des forces numérisées** suite à l'acquisition prévue de nouvelles plateformes de combat (2020 à 2030).

Pour cette nation, le NCW est un moyen d'organiser la force armée autour d'un réseau d'information unique<sup>60</sup>, cohérent grâce aux TIC et relié lui-même à trois sous-réseaux : le sous-réseau des capteurs, le sous-réseau des décideurs (C2) et le sous-réseau des systèmes d'armes. Cette mise en réseau doit permettre aux soldats de combattre plus efficacement et plus rapidement grâce à une conscience de la situation améliorée, une collaboration accrue et des capacités offensives démultipliées (ceci inclut les capacités de configurations directes « *sensor-to-shooter* » (Haig, 2003)). Cette définition met en évidence que le NCW est davantage qu'un simple concept ou un ensemble de technologies : c'est surtout un dispositif destiné à contribuer d'une manière significative à la création d'un avantage au combat, mais aussi à améliorer les interventions humanitaires ou de maintien de la paix (Australian Government Department of Defence, 2006). D'ailleurs, la définition du NCW proposée par le DSTO est « l'utilisation par les militaires de la science et des technologies de l'information pour améliorer les opérations »<sup>61</sup>.

Pour ce faire, les Forces de Défense Australienne (FDA) n'hésitent pas à mettre en avant, dans leurs documents institutionnels, les réussites d'évolutions technologiques comme celui du secteur bancaire et les bénéfices apportés par les premières opérations en réseau dans les conflits contemporains (Afghanistan et Irak). Le NCW se conçoit selon deux

---

<sup>59</sup> La première version de 2003 est classifiée.

<sup>60</sup> Ce réseau unique est similaire au concept américain du même nom « *Global Information Grid* » ou GIG (Tomolya, 2005).

<sup>61</sup> « *Defence people using advances in information science and technology to improve operations* ».

dimensions distinctes (science de la guerre et art de la guerre) comprises dans le concept de « *Networking* » :

- **la dimension technologique du réseau** (« *network dimension* ») ou « science de la guerre » (Australian Government Department of Defense, 2009; Sullivan & Dubick, 1993) : il s'agit de relier l'ensemble des systèmes au sein d'un réseau unique. Les FDA considèrent ce point comme prioritaire tout en insistant sur le fait qu'il aura un impact important sur la dimension humaine. L'armature de ce réseau s'appuie sur les principes de collecte de l'information, de connectivité des plateformes, de l'utilisation pertinente des informations et de sa protection contre les agressions externes ou ses pannes. Les évolutions technologiques sont soutenues par une nouvelle procédure de gestion de projet : le *Rapid Prototyping, Development and Evaluation* qui permet la réalisation de prototypes (entre 12 et 18 mois) et de rapports rapides « *quicklook* » (de 2 à 3 mois) de la part des industriels et des universitaires ;

- **la dimension humaine** (« *human dimension* ») ou « art de la guerre » (Australian Government Department of Defense, 2009; Sullivan & Dubick, 1993) : cette dimension traite de la formation, de l'entraînement, de la doctrine, de l'organisation et du leadership. Les soldats doivent devenir des « *networkers* ». L'accent est mis aussi sur l'apprentissage organisationnel et les capacités d'innovation et d'adaptation des forces australiennes. À ce titre, et même si aucun auteur académique n'est explicitement cité, on peut clairement faire référence, d'une part, à Fillol (2009) qui, dans une définition synthétique, conçoit l'apprentissage organisationnel comme un « processus collectif assurant la création et l'acquisition de connaissance par une organisation » et d'autre part, ce qui est relativement moins commun, à l'organisation qualifiante. Selon Plane (2012), cette théorie est plus orientée « *bottom-up* » que l'organisation apprenante<sup>62</sup> et envisage une logique « heuristique, émergente dans le sens où elle s'appuie sur des réalités organisationnelles en évolution plutôt que sur une approche planificatrice centralisée ». Par exemple, Zarifian (1998) explique que, lors de la survenue d'une panne d'un système technique, « elle [la panne, N.D.A.] devient un moment privilégié auquel la communauté d'individus aura pu

---

<sup>62</sup> Bien que pour Livian (2008), l'organisation apprenante et l'organisation qualifiante renvoient à des analyses assez voisines. L'organisation apprenante, pour Ferrary et Pesqueux (2006), est le « processus collectif de création, diffusion et assimilation de la ressource humaine ».

donner un sens positif, et qui aura fait évoluer tout à la fois les connaissances techniques, les échanges sociaux entre catégories différentes de salariés, la performance du système technique grâce au retour vers les causes premières de la panne ». Enfin, il est très important de préciser que le centre de recherche DSTO possède un groupe de recherche dédiée au NCW depuis 2003 avec, entre autres, une équipe en Sciences Humaines (qui paraît toutefois très orienté sur l'ergonomie) : le *Human Dimension Research Steering Group*.

Le NCW est construit autour de cinq principes de base (Australian Government Department of Defence, 2006) permettant de comprendre comment ce concept de « *Networking* », c'est-à-dire l'optimisation conjointe des deux dimensions (technologique et humaine), va se traduire en avantage opérationnel (figure 13) : la compétence et la maîtrise professionnelles, les principes généraux militaires du commandement et de subsidiarité, un réseau technique robuste, une conscience de situation partagée et, au centre, l'autosynchronisation représentant l'agilité (capacité de déplacement rapide et non contrainte d'une unité combattante) et la capacité asymétrique des unités combattantes. Aux quatre domaines du NCW (social, cognitif, physique et informationnel) s'ajoute un cinquième : le domaine transverse qui traite par exemple de la gestion de projet et les études d'impacts des futures technologies.

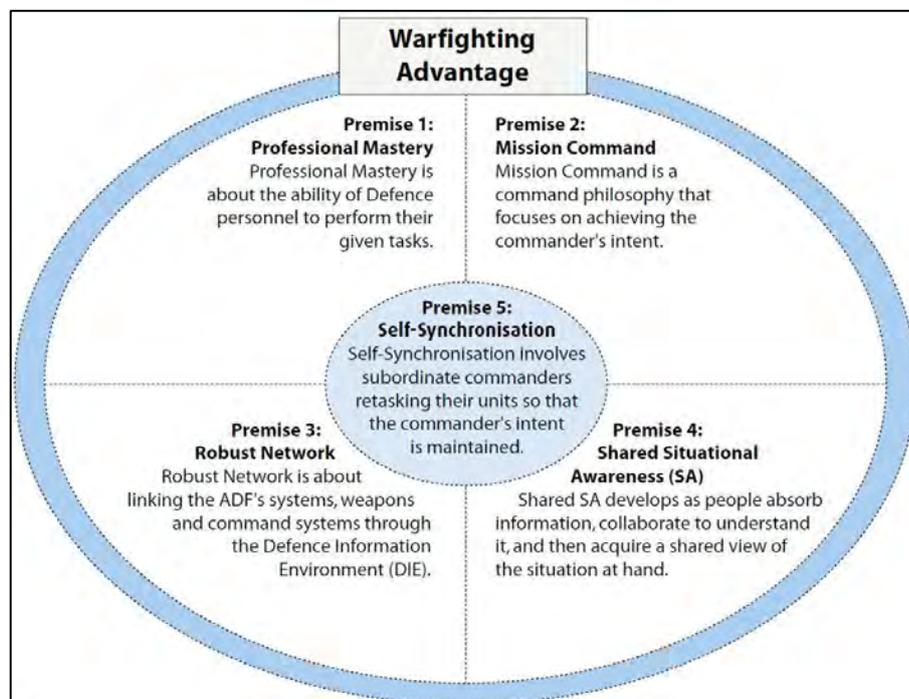


Figure 13. Les 5 principes du NCW.

Si cette perspective peut toujours paraître très déterministe quant aux avantages du NCW, la défense australienne conserve toutefois une vision très pragmatique et prudente en mettant l'accent sur l'aspect humain et en s'interrogeant sur des questions de l'impact sur la culture militaire, du positionnement du chef dans le réseau, de la capacité des opérateurs à gérer l'information et de la concrétisation du combat collaboratif. L'évolution se veut expérimentale et les concepts de « *useful failures* » ou de « *learning by doing* » sont régulièrement avancés. En d'autres termes, l'armée australienne prône une réflexion conceptuelle, critique et incrémentielle de grande ampleur avant la mise en réseau effective des systèmes d'armes et souhaite la cohésion de l'ensemble des parties prenantes pour réussir cette transition : « chaque membre de la Défense, ainsi que les industriels et les universitaires qui supportent la Défense, ont un rôle à jouer dans la concrétisation du NCW »<sup>63</sup> (Australian Government Department of Defence, 2006). Il est intéressant de noter que les termes *Revolution* et *Transformation* ne sont pas présents dans les différents textes officiels australiens...

Enfin, les feuilles de route sur la simulation militaire 2006 et 2011 (Australian Government Department of Defense, 2011) sont notamment mises en parallèle de la feuille de route NCW 2009 afin d'utiliser les simulateurs pour tester les capacités de la guerre en réseau.

---

<sup>63</sup> « *Every member of Defence, along with the contractors and academics who support Defence, has a part to play in implementing NCW* ».

## Section 4.2

### La Numérisation des Forces Terrestres françaises

En juillet 2012, la Numérisation de l'Espace de Bataille (NEB) est toujours quasi-inexistante dans la littérature académique française et, lorsqu'elle apparaît, c'est pour traiter du concept américain de *Network-Centric Warfare* (NCW) qui peut paraître de prime abord analogue.

Pour preuve, une recherche sur les bases de données académiques avec les expressions militaires officielles de « Numérisation de l'Espace de Bataille », d'Infovalorisation, d'« Opérations réseau-centrées », de « Numérisation du Champ de Bataille » et de « Numérisation des Forces Terrestres » ne relève que 7 entrées (Dorange, et al., 2002; Berthélémy & Aubert, 2007; Baud, 2012; Boulanger, 2011; Samaan, 2008; Dumoulin, 2001; de Durand, 2011), dont aucune en Sciences de Gestion. Lebraty et Lancini sont toutefois présents avec d'autres dérivés comme la Numérisation de l'Armée de Terre (2007). À titre de comparaison, les concepts anglo-saxons de « *Network-Centric Warfare* », « *Network Centric Operations* » ou « *Battlefield Digitisation* » (ou *digitization* en anglais américain) se retrouvent dans 19 articles en français et 200 en langue anglaise. Une recherche simple avec le moteur de recherche Google fait apparaître une différence tout aussi importante avec près de 600 000 résultats pour les concepts anglo-saxons contre à peine 20 000 pour les expressions françaises.

Cette disparité quantitative reflète aussi une disparité qualitative. Concernant les expressions françaises, de Durand (2011) n'aborde que la vision technologique dans sa définition du concept d'infovalorisation et le confond avec les prémisses de la NEB expérimentale du début des années 2000. Baud (2012) et Samaan (2008) abordent respectivement les problématiques de la NEB via l'approche des risques de cyberattaques et de dépendance envers la technologie et Berthélémy et Aubert (2007) ne traite la NEB que par rapport à la maintenance d'un type de véhicule blindé particulier. Boulanger (2011), dans le domaine du renseignement militaire, parle de la Numérisation du Champ de Bataille sous l'angle de la modélisation informatique du terrain afin de « s'affranchir des contingences de la topographie » et de bénéficier de la visualisation des forces amies. Dumoulin, (2001) reprend cette dernière caractéristique en parlant de la recherche du « zéro-mort » et d'une déviance

dans la culture militaire à propos d'un risque qui se voudrait totalement maîtrisé. Enfin, seul l'article de Dorange et al. (2002), qui est paradoxalement aussi le plus ancien, aborde réellement le concept français de NEB par l'idée de domination informationnelle et précision des effets. Pour cela, les auteurs, avant de détailler eux aussi des problèmes de cyberattaques, croisent pertinemment des principes fondateurs militaires avec les nouvelles capacités des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) : la conduite partagée comme source-clé de la liberté d'action, la décentralisation du combat nécessaire pour acquérir la concentration des efforts et la combinaison des vecteurs comme facteur d'économie des moyens. Pourtant, l'approche se veut relativement déterministe puisque « les conditions du combat futur vont connaître des modifications telles que la nature même de la guerre va s'en trouver profondément affectée ». Il est dorénavant acté que cette évolution « disruptive » n'est pas si inéluctable. Ce ne sont actuellement pas les principes de la guerre qui changent mais « seulement » les moyens de la faire. On ressent donc à la lecture de cet article une forte tension entre le « devoir de réserve » de l'homme face à la technologie et des espoirs importants issus des potentialités mythiques des TIC, ou de « la révolution numérique », sorte d'invention dogmatique (Alter, 2010) militaire mondiale du début des années 2000.

L'utilisation de l'expression anglo-saxonne *Network-Centric Warfare* dans la littérature académique française est tout aussi hétérogène. Elle fait généralement référence à son origine américaine de Révolution dans les Affaires Militaires (Garonne, 2005), n'est citée que brièvement dans une liste de principes militaires nouveaux (Wasinski, 2009; Dumoilin & Resteigne, 2007; Bédar, 2002; Samaan, 2008; de Durand, 2003) ou comme évolution recherchée par certaines organisations comme l'Union Européenne (Bastien, 2005). Elle n'évite pas non plus les erreurs conceptuelles comme chez Tenenbaum (2011) qui condamne le NCW face à la guerre asymétrique alors que nous avons vu que cette opposition n'a pas vraiment de sens au niveau tactique. Goya (2007) parle plus justement à ce sujet de la nécessité d'avoir un nombre suffisant de combattants avant de disposer de capacités de combat infocentré pléthoriques ! Bricet des Vallons (2007), en citant un haut responsable militaire américain, l'Amiral Owens, semble aussi de cet avis puisqu'un « système de systèmes n'offre pas l'omniscience ni l'omnipotence. [...] Ce qui compte pendant une guerre, c'est l'influence relative de ce que certains ont appelé la brume et la friction du conflit sur l'adversaire. Le côté qui gagnera est celui qui pourra réduire davantage l'effet de cette brume et de cette friction par comparaison à son adversaire ». Certains articles mettent aussi en avant l'inadéquation américaine du NCW par rapport aux conflits actuels de basse intensité

(Raffenne & Jean-Loup, 2007). Malheureusement, ce lien est là encore réducteur et des conflits classiques peuvent éclater rapidement comme en Lybie en 2011.

Lorsque le concept est un peu plus développé, on trouve des analogies avec le monde civil comme chez Binot qui parle de « *Network Centric Enterprise* » ou, dans le cas de l'adéquation du Système d'Information avec la veille stratégique avec Ayachi (2007). Depeyre et Dumez (2007) ont étudié le principe de coopération dans la défense américaine lors de l'arrivée de la logique de système de système lié au NCW. Cet article, particulièrement intéressant, sur les phénomènes de dépendance de cheminement et de verrouillage est maintenant tout à fait d'actualité concernant les alliances des fournisseurs de rang un français traditionnels. Nous aurons l'occasion de rencontrer à nouveau ce phénomène lors de la présentation du programme d'armement SCORPION.

Dans un contexte militaire, de Crousaz (2008) parle des capacités israéliennes nouvelles au « combat disséminé ». Le NCW est aussi souvent présenté comme un nouveau « gap capacitaire ou technologique » envers les autres armées occidentales (Maulny, 2004). Seule l'équipe de recherche en management des organisations de défense du CReA a finalement étudié réellement le NCW et plusieurs articles traitent de ce domaine dans le cadre de l'armée de l'air française ou des organisations de défense américaines (Godé-Sanchez & Barbaroux, 2010; Barbaroux, 2010).

En somme, la NEB, comprise comme numérisation de l'armée de Terre, est malheureusement impensée en Sciences Humaines et Sociales. C'est l'une des raisons pour laquelle elle ne peut s'extraire d'une vision technologique archétypale fortement réductrice issue de l'approche américaine « exportée » du NCW.

#### ***4.2.1. Les spécificités de la numérisation de l'armée de Terre***

Pour le Commandement des Forces Terrestres français, l'objectif de la Numérisation de l'Espace de Bataille consiste à maîtriser l'information et le processus décisionnel pour acquérir et conserver l'avantage sur un adversaire en coercition de force, comme en maîtrise de la violence.

Cette vision française du combat infocentré, comme celle des britanniques et de nombreux autres pays occidentaux (encadré 23), n'a pas eu la même ambition que le NCW. Tout

d'abord, parce qu'aucune nouvelle théorie de la guerre n'a (encore) vu le jour et, surtout, parce que la comparaison avec le monde civil et la mondialisation n'a pas été un point de départ aussi marqué. La numérisation est considérée comme un moyen d'accroître l'efficacité et l'efficience des armées dans une logique de réduction des budgets militaires, *a contrario* de celui des États-Unis ! La Numérisation des Forces Terrestres (NFT) française, considérée comme un démultiplicateur d'efficacité (Dorange, et al., 2002), comprend deux phases : la Numérisation de l'Espace de Bataille « messagerie » (≈ 2000 – 2015) et l'infovalorisation (≈ 2015 – 2026).

Pourtant, numériser les forces terrestres n'est pas simple et trois contraintes techniques spécifiques (par rapport aux forces aériennes ou maritimes) sont à relever. Tout d'abord, il est nécessaire d'inclure dans un réseau terrestre des centaines, voire des milliers, de systèmes d'armes hétérogènes : véhicules blindés à roues, chars de combat, pièces d'artillerie, hélicoptères de transport, groupes d'infanterie, etc. Ensuite, les contraintes topographiques (nivellement et planimétrie<sup>64</sup>) limitent les portées des postes radio et nécessitent l'ajout de relais automatiques ou d'unités dédiées à cette fonction. Enfin, des problèmes de poids, de place et de consommation énergétique peuvent être rédhibitoires :

- les **soldats débarqués FÉLIN** doivent porter leurs batteries pour 36 heures de combat (4 « sources individuelles » et 2 « sources spécifiques » pour des matériels particuliers par combattant) ;
- un **hélicoptère** peut être obligé de diminuer son rayon d'action afin de compenser l'ajout de matériels informatiques : 10 minutes de vol en SA 342 Gazelle correspondent à 30 litres de kérosène, 30 km de distance parcourue ou 24Kg de charge utile.

### Encadré 23

#### Autres exemples de processus de numérisation

De nombreux pays ont entamé un **processus de numérisation**. Le Royaume-Uni a développé le concept de *Network Enabled Capability* (NEC) : « La NEC est un moyen de définir de manière cohérente l'intégration des senseurs, des armes, des autorités décisionnaires et des

<sup>64</sup> Le nivellement correspond aux formes « nues » du terrain (montagnes, vallées, etc.) et la planimétrie, aux objets naturels et artificiels disposés sur ce terrain (arbres, maisons, poteaux téléphoniques, etc.).

capacités de soutien. La NEC va accroître nos capacités opérationnelles dans l'environnement stratégique futur en permettant le partage et l'exploitation d'informations le plus efficacement possible pour les forces armées britanniques et pour nos partenaires dans les coalitions » (US Ministry Of Defense, 2005; Maulny, 2006; US Ministry Of Defence, 2009). Les infanteries occidentales ont toutes, par exemple, des projets de « fantassins infocentrés » en cours de finalisation comme le *Nett Warrior* américain, le FÉLIN français, l'IdZ allemand, le NORMANS norvégien (*NORwegian Modular Arctic Network Soldier*) et le FIST (*Future Integrated Soldier Technology*) britannique (Langlois, 2012).

#### 4.2.2. La Numérisation de l'Espace de Bataille

Malgré une vision rétrospective qui tend à montrer un choix français postérieur à celui des États-Unis, la logique de la numérisation française est le fruit d'une gestation de plus de 10 années. Elle a débuté dès le début des années 90 (Direction Générale de l'Armement, 2003), soit avant le discours de 1997 du Vice-Amiral Cebrowski. Toutefois, ce n'est que suite aux retours d'expériences américano-britanniques de la seconde guerre d'Irak débutée en mars 2003 (« *Iraqi Freedom* ») que la France a décidé de mettre en réseau les segments déjà numérisés et de numériser l'ensemble de ses forces terrestres. Cette décision provient, entre autres, du fait qu'à aucun moment de ce conflit, les britanniques n'ont pu se connecter au système de communication américain. Même au plus haut niveau hiérarchique britannique, un officier américain opérait manuellement les dispositifs nécessaires à la transmission des informations entre les deux alliés (Maulny, 2006; Bentégeat, 2011)

La Numérisation de l'Espace de Bataille ou NEB est un syntagme polysémique et polymorphe. *L'encyclopeadia Universalis* la définit comme « un système de communication interactif entre tous les éléments engagés dans le conflit ». Cette approche extraite d'un outil grand public a finalement le mérite d'être suffisamment floue pour satisfaire aux nombreuses interprétations existantes.

En 2012, la NEB est à la fois le concept majeur de numérisation des forces armées, la conception technique initiale (ou NEB « messagerie », figure 15) ou la seconde étape liée à la numérisation des Forces Terrestres (maintenant appelée NEB de combat ou infovalorisation). Cette subdivision de chapitre présente tout d'abord une synthèse des deux phases de la NEB « messagerie » : la phase d'expérimentation de la fin des années 90 à 2010 et la phase de

normalisation de 2010 à 2015. La figure 37 en page 178 (annexe 3) retrace sur une frise chronologique l'historique de la NEB française.

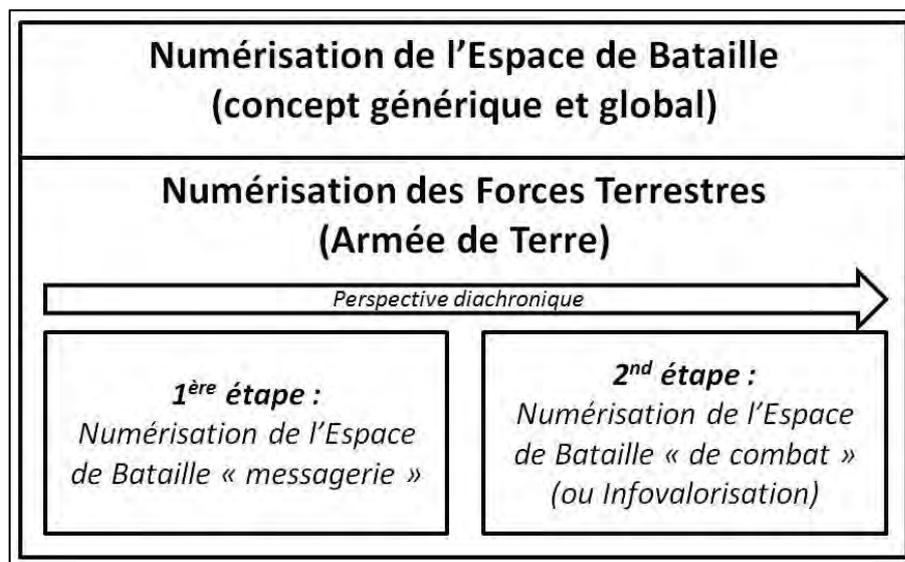


Figure 14. Synthèse des concepts NEB.

### a. La NEB comme fédération des Systèmes d'Information

Parfois nommée « Intranet ou Internet du champ de bataille »<sup>65</sup>, la NEB du début des années 2000 est envisagée avant tout comme la volonté de créer une fédération de Technologies de l'Information et de la Communication existantes ou en développement. Cette informatisation menée « à marche forcée », car aucun « équipement cognitif n'avait été installé avant son arrivée » (Segrestin, 2004), doit, entre autres, décloisonner les Armes afin d'obtenir une plus grande coopération entre ces dernières et ainsi soutenir une approche plus transversale, c'est-à-dire InterArmes.

La définition officielle de la NEB est la mise en réseau de l'ensemble des systèmes d'information interopérables entre eux (comprendre les TIC ou SIOC, N.D.A.), de l'état-major jusqu'au dernier soldat, afin de traiter et diffuser en quasi-temps réel (ou temps réflexe) les informations utiles au combat. Cette mise en relation de tous ces SI de commandement, de préparation et de conduite de mission doit permettre l'échange de données

<sup>65</sup> La logique d'internet est aussi présente dans le concept de NCW via notamment l'utilisation d'expression telle que « Tactical Web Page » (Arquilla, 2011).

numériques fiables au sein d'un combat infocentré afin de comprendre, décider et agir plus rapidement que l'adversaire.

Trois étapes permettent de visualiser l'évolution du niveau d'interopérabilité (ou niveau capacitaire) entre les SIOC de la fédération NEB. Le Niveau Capacitaire initial (NCi) a été atteint en 2010 avec la numérisation complète de deux brigades. Ce niveau marque la fin de la phase expérimentale. Le NCi+ sera réalisé en 2013 et le NC1 devrait être finalisé pour 2015, date à partir de laquelle on parlera de « forces numérisées ». Puis, la fédération NEB sera progressivement remplacée par l'infovalorisation, seconde étape de la NFT.

Ce réseau unique sécurisé est soutenu au niveau tactique principalement par les postes radio de 4<sup>ème</sup> génération (PR4G)<sup>66</sup> fonctionnant en TDMA (encadré 27) et intégrant la confidentialité, l'intégrité, la disponibilité, l'authentification, la non-répudiation, l'acquiescement positif ou négatif et des protections contre le brouillage et les intrusions. Le PR4G sera remplacé à compter de 2021 par la radio logicielle CONTACT à haut débit (COmmunications Numérisées TACTiques et de Théâtre) du Groupe Thales (Direction Générale de l'Armement, 2012). Les premiers postes seront livrés dès 2018.

Sans y faire référence explicitement comme dans le NCW, cette première vision de la NEB fait écho aux Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) du monde civil. Elles n'intègrent donc que les dimensions technologiques et, dans une moindre mesure, informationnelles du cube de Reix et al. (2011) puisque la construction de la NEB s'appuie uniquement sur les SIOC, c'est-à-dire sur des technologies de traitement et de transmission des informations que sont l'informatique, les télécommunications et la géolocalisation (La Numérisation de l'Espace de Bataille, 2008).

### **b. Les SIOC composant la fédération NEB**

Le socle de la NEB est la création et la mise à jour automatique d'une vision commune de la situation tactique appelée, comme nous l'avons vu précédemment, « *Common Picture* ». À l'origine, cette CP devait au minimum permettre de répondre à quatre questions simples :

---

<sup>66</sup> Beaucoup d'unités ont des moyens périphériques comme la Radio Fantassin RIF (Réseau d'Information Félin) et RIF-NG (Réseau d'Information Félin – Nouvelle Génération) du système FÉLIN des fantassins.

- Où suis-je ?
- Où sont les forces amies ?
- Où sont les forces adverses repérées ?
- Quelle est ma mission ?

Concrètement, il s'agit, pour les militaires, de remplacer ou de compléter les artefacts analogiques (cartes en papier, radio en phonie, etc.) par plusieurs systèmes informatiques fonctionnels et interopérables basés sur des informations géographiques numériques (encadré 24). Il convient de stipuler que cette dématérialisation ou numérisation ne rentre pas encore dans le cadre de l'automatisation des cockpits au sens la théorie des automates<sup>67</sup> et au travers des systèmes experts (Hatchuel & Weil, 1992), des systèmes *human-like*<sup>68</sup> de troisième catégorie (Amalberti, 2001) ou des bases de connaissances car les dispositifs ne proposent explicitement aucune solution ou conseil de travail. Toutefois, et comme nous le verrons plus tard, la convergence du monde de la simulation avec celui de la numérisation pourrait faire évoluer cette idée en intégrant des fonctionnalités de simulation numérique ou constructive dans les dispositifs tactiques liés à la NEB.

Il n'empêche qu'à l'heure actuelle, ces dispositifs se contentent uniquement d'afficher les informations utiles au combat d'une manière numérique, standardisée et non ambiguë (STANAG OTAN 2019 6<sup>ème</sup> édition intégrant l'APP-6 par exemple, encadré 24) tout en supprimant des tâches chronophages parfois devenues obsolètes (comme la navigation à vue à l'estime avec des cartes en papier, un compas magnétique, une montre, un rapporteur et une règle) voire irréalisables dans les nouvelles missions complexes. Les opérateurs retrouvent donc la même visualisation de l'espace de bataille que celle des cartes en papier (aucune modification opérative en plus n'a été pratiquée). Chaque système d'arme dispose d'un

---

<sup>67</sup> La théorie des automates est centrée sur la notion d'optimalité, c'est-à-dire l'utilisation de toutes les capacités disponibles de calcul pour fournir un résultat aussi précis que possible basé sur l'ensemble des contraintes identifiées.

<sup>68</sup> Un système *human-like* de troisième catégorie consiste à changer le cœur du système et à programmer différemment la façon dont les automates réalisent le travail pour que leur fonctionnement soit plus proche de celui des opérateurs. Les deux premières catégories sont du ressort respectivement du courant des *Human Factors* et de la psychologie ergonomique (Amalberti, 2001).

ensemble de matériels et de logiciels plus ou moins intégré qui comprend un dispositif d'affichage couplé à des dispositifs de géolocalisation (récepteur GNSS pour *Global Navigation Satellite System* ou centrale à inertie) et à des moyens de communication en transmission de données. L'opérateur peut visualiser sur un fond cartographique la situation amie, la situation connue des forces ennemies et d'autres informations géographiques numériques « métiers » comme nous le découvrirons notamment pour l'ALAT. L'expression « informations géographiques numériques » est ici vue dans une acception large : toute information pouvant être géoréférencée (fond de carte, orthophotographie, situation tactique, etc.) rentre donc dans cette catégorie.

Toutefois, ces technologies assurent aussi les fonctions d'ordres, de demandes et de comptes-rendus graphiques (formes géoréférencées) ou textuels qui conservent la logique hiérarchique pyramidale militaire malgré quelques passerelles possibles (figure 16). Selon les trois niveaux de coordination d'Amalberti (2001), la NEB « messagerie » ne prévoit qu'une coordination hiérarchique. Les deux autres types de coordination, fonctionnelle et synchrone, ne sont donc pas envisagés à cette époque. La NEB « messagerie » est basée sur le triptyque des niveaux hiérarchiques opératif et tactique suivants :

- le **Système d'Information et de Commandement des Forces** (SICF) est destiné à la planification et la conception de la manœuvre. Il équipe les états-majors des brigades ;
- le **Système d'Information Régimentaire** (SIR) est l'échelon de la mise en œuvre des ordres (niveau tactique) en provenance de SICF (Lebraty & Lancini, 2007; Lebraty, 2008). C'est un dispositif interarmes, c'est-à-dire qu'il est présent dans toutes les composantes de l'armée de Terre. Il équipe l'ensemble des niveaux hiérarchiques d'un régiment : du Chef de Corps au Commandant d'Unité. C'est donc le cœur de l'interopérabilité du système NEB. Les premières études exploratoires du SCIF et du SIR datent de 1993 et les équipements opérationnels ont été mis en service entre 2000 et 2005 ;
- le niveau de l'exécution correspond aux **Systèmes d'Information Terminaux** (SIT). Il en existe autant qu'il y a de types de plateformes ou de systèmes d'armes différents. Certains dispositifs approchent la décennie d'existence (en particulier le SIT Icône du char Leclerc), d'autres commencent seulement à être mis en place.

#### Encadré 24

##### L'information géographique

L'**information géographique** est la représentation d'un objet ou d'un phénomène réel, localisé dans l'espace à un moment donné. Ses quatre composantes sont la localisation (en coordonnées absolues ou relatives), les attributs (propriétés géométriques et thématiques), la temporalité et les interrelations (propriétés topologiques, autocorrélation spatiale, etc.). Il existe deux modes de modélisation de l'information géographique :

- le **mode raster** (ou maillé) structure les données selon une grille régulière composée de pixels auxquels on associe des propriétés thématiques et, le cas échéant, temporelles. Les orthophotographies aériennes ou satellites (comme celles de *Google Earth*), les cartes scannées et les phénomènes spatiaux continus tels l'altitude ou la température rentrent dans cette catégorie. Les formats informatiques employés dans un contexte militaire sont le GeoTIFF (*Geographic Tagged Image File Format*), l'USRP/ASRP (*Universal Transverse Mercator standard Raster Product / Arc Standard Raster Product*) et le DTED (*Digital Terrain Elevation Data*) pour les données altimétriques ;

- les **données altimétriques** construites selon le principe du mode raster<sup>69</sup> peuvent se décomposer en Modèle Numérique de Terrain ou MNT (altitude du terrain « nu »), Modèle Numérique de Surface ou MNS (canopée et objets artificiels) et Modèle Numérique d'Élévation ou MNE (altitude du terrain avec le sursol). Sachant que le MNE est égal à MNT + MNS, la PM peut être sévèrement mise en mal en fonction des données altimétriques utilisées : cas de l'usage d'un MNT en ville par exemple ;

- Le **mode vecteur** décrit l'espace géographique sous forme discrète, c'est-à-dire grâce à des points, polygones et polygones. Leurs contours sont donc strictement définis. On trouve dans ce mode les données GPS (points et polygones), la situation tactique (points, polygones et polygones), les cartes vectorisées comme Mappy, etc. Les formats informatiques militaires les plus courants sont le VMAP (cartes vectorisées) et le GPX (format standard d'échange de données GPS).

---

<sup>69</sup> Il existe d'autres types de modélisation des données numériques d'altitude comme le semis irrégulier de points ou TIN pour « *Triangulated Irregular Network* ».

Le programme majeur **GEODE 4D** (GEOgraphie de DEfense en 4 Dimensions), successeur de **DNG3D** (Données Numériques Géographiques en 3 Dimensions) vise à offrir de nouveaux services et produits d'environnement géophysiques GHOM (Géographie, Hydrographie, Océanographie et Météorologie) à partir de 2016. Il fournira aux SIOC tous les outils nécessaires pour connaître et analyser l'ensemble des caractéristiques naturelles et anthropiques d'une zone d'intervention (Ministère de la Défense, 2012). Ces SIOC participeront eux-mêmes à la remontée d'informations vers la chaîne géographique de théâtre.

L'**APP-6**, validé en mai 2011 dans sa version « C », traite de la représentation des symboles conventionnels cartographiques des forces terrestres. Un accord de normalisation OTAN ou STANAG (STANDARD Nato AGREEMENT) est un « document de normalisation OTAN spécifiant l'accord des pays membres à mettre en application tout ou partie d'une norme, avec ou sans réserve, destinée à satisfaire une exigence d'interopérabilité » (Organisation du Traité de l'Atlantique Nord, 2011d).

### **c. Une interopérabilité utopique**

En conclusion de cette première étape de la NFT, la NEB « messagerie » apparaît comme un Système d'Information tentant de fédérer ses SIOC pour atteindre une certaine cohérence d'emploi. On parle de systèmes fédérés, ou de métasystème, lorsque l'intégration visée est une intégration *a posteriori*. Pourtant, la vision technocentrée est encore au cœur de la problématique, notamment à cause d'une interopérabilité technique impossible à obtenir et d'une organisation historique en Armes monofonctionnelles en silos, ce qui va conduire à l'arrêt de l'Opération d'Ensemble SIC TERRE en 2009. Son remplaçant, SI TERRE cherche à atteindre un dernier niveau d'interopérabilité (Nci+ puis NC1) pour 2015 afin de valider quelques évolutions indispensables demandées par les opérationnels. Toutefois, le programme SCORPION, avec l'intégration d'un SIOC unique, souhaite faire table rase de ces premiers errements et éviter ainsi une balkanisation des SIOC au sens de Besson (1999).



Figure 15. La NEB « messagerie » (image SIRPA Terre).

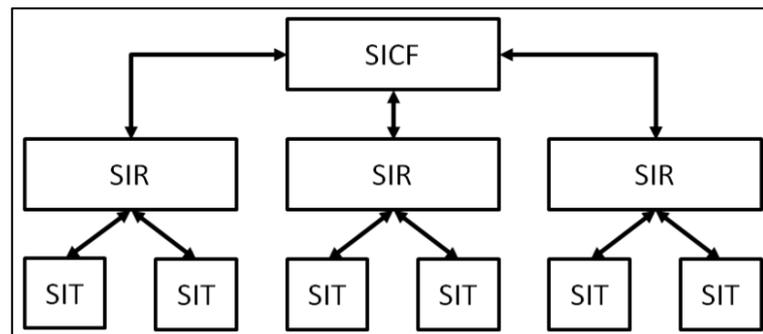


Figure 16. Architecture schématisée de la NEB « messagerie ».

#### 4.2.3. L'infovalorisation

Malgré certains gains réels comme la capacité au combat en zone lacunaire (zone d'action dans laquelle les zones d'engagement sont disjointes ou comportent des espaces vides de forces<sup>70</sup>) et une meilleure conscience de la situation des décideurs, la NEB, dans son

<sup>70</sup> Le Général Yakovleff (2006) ajoute à ce concept l'idée de la plasticité d'un front lacunaire qui est la « capacité à maintenir un dispositif cohérent, apte au combat, en acceptant toutes les déformations géographiques et toutes les reconfigurations fonctionnelles ».

acceptation de première étape de la Numérisation des Forces Terrestres, n'a pas connu le succès escompté.

Les causes majeures souvent évoquées à juste titre sont des problèmes d'interopérabilité, d'ergonomie des dispositifs de contrôle, d'une diminution de la qualité de visualisation sur écran et du manque de spécialistes. Nous ajouterons trois aspects :

- **l'absence de certains équipements** qui nécessitent par exemple de réaliser le travail selon les deux logiques : analogique et numérique. Cette remarque a malheureusement été souvent synonyme, à tort, de résistance culturelle au changement ou de critique d'infobésité c'est-à-dire de surcharge de travail due à une surcharge informationnelle ;
- **une administration informatique trop lourde et trop présente** : certains dispositifs doivent être paramétrés à chaque mise en route des systèmes d'armes car ils n'ont pas les capacités de s'autoconfigurer en fonction des missions et des moyens engagés ;
- **un compromis mal étudié** entre des outils complexes et puissants et des outils simples et génériques. Le « curseur » penche clairement du côté de la première solution.

La seconde étape de la NFT se nomme l'infovalorisation. Elle n'est pas née « *from scratch* » puisqu'elle et souhaite abattre les barrières listées *supra* en proposant, au niveau du Groupement Tactique InterArmes ou GTIA (figure 17), un Système d'Information (toujours au sens de SIOC) commun apportant des capacités de combat collaboratif en temps réflexe et une accélération du tempo de la manœuvre : le Système d'Information et de Combat de Scorpion (SICS). Le GTIA est le premier niveau de conception et de conduite de l'action interarmes. Il est composé de plusieurs Sous Groupement Tactique InterArmes ou SGTIA. Il peut être engagé au sein d'une brigade et a la capacité de mener des actions autonomes. C'est le « module de base d'emploi tactique » qui remplace la notion de régiment lors des crises.

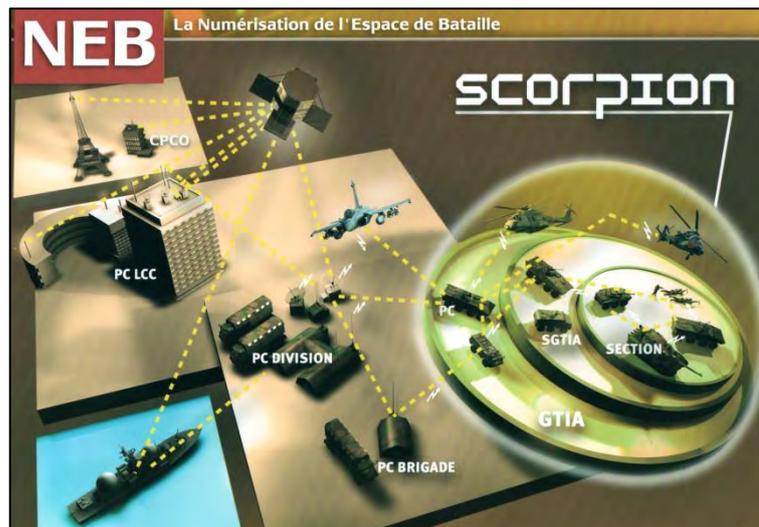


Figure 17. NEB et périmètre du programme SCORPION (image SIRPA Terre).

*Commentaire de la figure 17 :* le terme NEB placé en haut et à gauche de l'image concerne le concept NEB générique incluant l'ensemble des forces armées et l'étape de l'infovalorisation.

#### **a. SCORPION, le programme d'ensemble des 20 prochaines années**

Le programme SCORPION, ou Synergie du Contact Renforcée par la Polyvalence et l'Infovalorisation, fait suite au Plan d'Étude Amont (PEA) portant sur la Bulle Opérationnelle Aéroterrestre (BOA) débutée le 06 décembre 2005 et notifiée contractuellement jusqu'en 2013 à l'Équipe Intégrée de Maîtrise d'Ouvre TGS (EIMO Thales Communications, Giat Industries et Sagem DS<sup>71</sup>). Les PEA sont conduits suivant les mêmes méthodes que les programmes d'armement et « sont des recherches et études exclusivement appliquées. Elles couvrent un domaine allant de la recherche scientifique ou technique jusqu'à la réalisation de maquettes ou la mise au point de démonstrateurs, expérimentations comprises » (Foray & Guichard, 2001).

À l'origine distincte de SCORPION, la BOA est devenue une étape à part entière *a posteriori* de SCORPION. Certaines logiques sont semblables et convergentes comme la mise en place d'une CP pour l'ensemble des participants. La BOA propose notamment :

---

<sup>71</sup> Respectivement en 2012 Thales Communications & Security (depuis 2011), Groupe Nexter (depuis 2006) et Sagem Groupe SAFRAN (depuis 2005). L'armée de Terre et la DGA en sont les maîtres d'ouvrage.

- la notion de **Système de Système Infovalorisé**, l'expression du besoin ne se fait pas sur le contenu mais sur les performances globales des systèmes de combat ;
- l'acquisition du **Laboratoire Technico-Opérationnel** (LTO, *Battlelab* français) ;
- la réalisation du **démonstrateur de combat collaboratif TACTIC** (Technologies et Architectures de Combat aéroTerrestre Infovalorisé au Contact) intégrant entre autres le **Logiciel Opérationnel de Conduite du Combat** (LOCC) et un ensemble de moyens radio haut débit (**Système de Communication du Contact**). Un exercice réalisé en juin 2012 au Centre d'Entraînement aux actions en Zone Urbaine (CENZUB) de Sissone<sup>72</sup> a mis en œuvre ce démonstrateur TACTIC au sein d'une première expérimentation de SCORPION dénommée **Démonstration du Combat Collaboratif** (DCC) ;

**Tableau 6. Différence d'objectifs entre le DCC et TACTIC.**

| <b>Objectifs du DCC</b><br><b>Montrer ce que pourrait être SCORPION</b> | <b>Objectifs de TACTIC</b><br><b>Évaluer des concepts et technologies</b> |
|---|---|
| Convaincre de la pertinence de la démarche capacitaire SCORPION         | Évaluer près de 50 services innovants                                     |
| Contribuer à l'appropriation de SCORPION par l'armée de Terre           |   |
| Montrer les plus-values dont bénéficie un SGTIA infovalorisé            |   |

- la réalisation du **démonstrateur de combat collaboratif franco-allemand ARTIST** (*Architecture Real Time Integration System Testbench*) ;
- l'étude **d'impact des nouvelles technologies** sur le système de contact futur.

SCORPION correspond au renouvellement optimisé et cohérent des moyens de combat du GTIA, c'est-à-dire des niveaux 4 à 7 : le niveau 4 correspond au Régiment (environ 1000 personnes) et le niveau 7 correspond au groupe de combat (environ 10 hommes) ou à la plateforme (véhicule).

<sup>72</sup> <http://forcesoperations.com/2012/06/26/scorpion-teste-en-silence/>

SCORPION est un programme structurant pour l'armée de terre de plus de 5 milliards d'euros qui se poursuivra jusqu'aux années 2025 – 2035 (Direction Générale de l'Armement, 2010b). L'architecture générale du système, d'un coût de 21 millions d'euros, est actuellement élaborée par la société Mars, consortium regroupant Thales, SAGEM et Nexter. Il s'agit de :

- **renouveler ou moderniser les véhicules blindés** de combat datant des années 70, 80 et 90 ;
- **améliorer la protection** des combattants et des matériels ;
- **accroître l'efficacité** des soldats et des systèmes d'armes par la mise en réseau des systèmes de combat et l'intégration d'une vétronique avancée.

Ces futures possibilités se retrouvent parfois sous l'acronyme 4D : Durée des engagements, Durcissement des opérations, Diversification des missions et Dispersion des moyens. Il comprend de nouveaux véhicules lourds comme l'Engin Blindé de Reconnaissance et de Combat (EBRC) et le Véhicule Blindé MultiRôles (VBMR), mais aussi des dispositifs originaux ou revalorisés comme l'emblématique FÉLIN (dans sa version 2 SCIV « Système Combattant Info Valorisé ») pour Fantassin à Équipement et Liaisons Intégrés (Chareyron, 2011), le char Leclerc rénové XLR, des micros drones et robots, des possibilités de Tir Au-delà de la Vue Directe (TAVD). En dernier lieu, le Véhicule Blindé de Combat de l'Infanterie (VBCI), même s'il ne fait pas partie du contour programmatique de SCORPION, peut y être inclus car sa jeunesse opérationnelle scelle sa présence dans le futur champ de bataille infovalorisé.

SCORPION poursuit donc trois axes d'effort majeurs : la maîtrise de la force, la souplesse d'emploi et la protection. Ces axes reposent sur deux facteurs clés que sont l'intégration de la numérisation et la conception de nouveaux véhicules.

### **b. Le SICS, véritable PGI**

Un Progiciel de Gestion Intégré ou PGI est une « application informatique utilisant une base de données unique et non redondante avec des modules applicatifs, d'une ergonomie constante, qui permettent de gérer les processus de l'organisation, dans le respect des règles des métiers et du vocabulaire en usage dans le contexte et qui utilise différentes IHM ou GUI (*Graphical User Interface*), telles que Windows ou une interface Web (client léger) » (Gillet

& Gillet, 2011). Cette vision civile est opportune pour comprendre la logique du SIOC de SCORPION, SICS (Lecompte-Boinet, 2012), qui remplacera le SIR, la plupart des SIT et le dispositif des forces spéciales MAESTRO.

Contrairement à l'intégration *a posteriori* des SICs « historiques » (SICF, SIR et SITs), on vise ici une intégration *a priori*, « c'est-à-dire à un système pensé au départ comme un tout cohérent » (Reix, et al., 2011). Dans le prolongement de cette notion civile de PGI, on retrouve concernant le principe proche d'ERP (*Enterprise Resource Planning*), deux aspects très similaires des souhaits militaires : le Degré d'Intégration (DI) et la Couverture Opérationnelle (CO) selon Tomas et Gal (2011) :

- le **DI** est, au moins conceptuellement, identique à la CP car c'est la capacité de l'ERP à fournir une image homogène et cohérente des informations échangées par les processus de l'entreprise ;
- la **CO** se définit comme la capacité à fédérer l'ensemble des processus de l'entreprise par une approche cross-fonctionnelle. Cette idée est largement reprise par le choix de l'armée de Terre d'implémenter un SIOC commun à l'ensemble des Armes même si cette vision « processus » n'est pas si marquée dans le monde militaire et s'il n'y a pas de base de données centralisée.

Enfin, dans le langage informatique, « la notion d'intégration repose sur l'idée d'assemblage (opération qui consiste à réunir deux ou plusieurs éléments en une seule entité) mais également sur l'idée de cohérence (l'entité résultant de cet assemblage se doit d'afficher une certaine cohérence) » (Bidan, 2011).

La notification des différents contrats aux industriels choisis, dont SICS, est prévue pour fin 2012 et 2013 (dates qui semblent être repoussées d'une année suite aux arbitrages budgétaires du gouvernement français). Il faut aussi préciser que SICS dépasse le contour SCORPION puisqu'il remplacera certains SI présents dans l'ensemble de l'armée de Terre. Enfin, SICS sera interfacé au SIO 0-3 équipant les postes de commandement des grandes unités (brigades et plus). SIO est une sous-opération du programme d'ensemble SIA (Systèmes d'Information des Armées) qui comprendra à terme la globalité des dispositifs nécessaires à la conduite des opérations du niveau politique au niveau tactique.

SICS est une rupture technologique majeure puisque l'interopérabilité avec les anciens systèmes n'est pas demandée. Il aborde un concept totalement novateur par rapport à la

hiérarchie verticale de la NEB « messagerie » : la logique horizontale collaborative ou « boucle-courte » (figure 18). On retrouve ici les capacités d'autosynchronisation et la loi de Metcalfe avancées par Cebrowski et ses partisans (Blaker, 2007) lorsqu'ils concevaient le NCW : La loi de Metcalfe indique que la valeur d'un réseau dépend du carré du nombre de nœuds de ce réseau. Même extrêmement relativisée, par exemple par Odlyzko et Tilly (2005), en choisissant une progression logarithmique, la valeur d'un réseau dépend toujours du nombre de ses connexions et/ou de ses nœuds.

**Ce nouveau SIOC SICS rompt avec la logique d'intégration incrémentale des SIOC de la NEB « messagerie » (ou approche modulaire) qui s'est terminée en 2009 par l'arrêt de l'Opération d'Ensemble SIC TERRE (OE SIC TERRE) qui avait tenté, en vain, de rendre interopérable un ensemble de SIOC de générations différentes. SICS, via SCORPION, impose une mise en place de type « big bang », c'est-à-dire, et par analogie à la cosmologie, d'une manière globale et instantanée en évitant de réaliser des passerelles et interfaces provisoires avec les systèmes déjà en place.**

Toujours organisée en schéma directeur, la dynamique d'évolution de ce SI n'est donc pas assimilable à un projet d'urbanisation<sup>73</sup> au sens littéral du terme mais envisage toutefois certains de ses préceptes comme la réconciliation des points de vue techniques et métier ainsi qu'une meilleure intégration dans l'environnement de l'organisation militaire. SICS occupe par exemple la place « Système Tactique Terrestre » du plan d'occupation des sols du programme d'ensemble SIA. L'ensemble des SIOC de l'armée de Terre (SICS et autres) appartient à la « sous-fédération tactique terrestre ».

SCORPION permet de concevoir et réaliser des GTIA, non comme l'addition de plateformes armées, mais comme un système de combat global, fédérant combattants et systèmes d'armes par la transmission et le partage instantanés des informations. On comprend déjà qu'il est nécessaire d'atteindre une certaine masse critique du réseau pour obtenir les avantages espérés de l'infovalorisation : **la guerre en réseau n'admet pas de valeur intermédiaire, soit l'ensemble des entités est numérisé, soit aucune ne l'est.** Le processus

---

<sup>73</sup> Selon Gillet & Gillet (2011), le « concept d'urbanisation vise à offrir une méthode dynamique d'évolution du Système d'Information, cherchant à se substituer au schéma directeur. Il s'inspire des concepts qui président à l'évolution et à la structuration de la cité ».

de numérisation ne peut être que global et cohérent car la cohabitation d'entités diversement numérisées, et donc contraint par une asymétrie d'informations, sera un frein considérable à la liberté d'action externe (Muraise, 2008) : « si les unités n'apparaissent pas sur les écrans, elles n'existent pas ! » (Centre de Doctrine d'Emploi des Forces, 2007b). La liberté d'action externe est finalement comparable au concept de sûreté détaillé précédemment. La liberté d'action interne, quoiqu'importante, ne nous intéresse pas ici puisqu'elle s'établit par rapport aux contraintes des niveaux politique et stratégique.

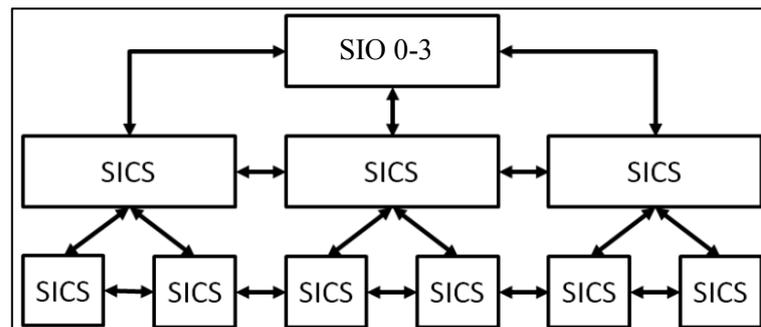


Figure 18. Architecture schématisée de l'infovalorisation.

### c. Évolution conceptuelle de l'infovalorisation

Malgré cette présentation relativement technocentrée, l'infovalorisation n'est pas un objet technique comme la NEB « messagerie » mais bien un nouveau concept militaire incluant des technologies de l'information et s'appuyant sur celui de l'infodominance.

La définition officielle de l'infovalorisation est **l'exploitation optimale des ressources d'informations obtenues grâce aux technologies et à la mise en valeur de l'information à travers tout le dispositif** (La Numérisation de l'Espace de Bataille, 2010).

Un effort important a débuté concernant les ressources humaines et la formation : création de maître de NEB, d'Officier NEB, de centres de simulation numérisés décentralisés, etc. Dans ce contexte, il est possible de mettre en parallèles l'infovalorisation avec la nouvelle définition du Système d'Information proposée dans Reix et al. (2011) ou Marciniak et Rowe (2009) qui semble en adéquation avec cette vision : « un système d'information est un système d'acteurs sociaux qui mémorise et transforme des représentations via des technologies de l'information et des modes opératoires ».

Finalement, on retrouve l'idée de Cebrowski selon laquelle la numérisation des forces de l'âge industrielle ne permet pas d'atteindre les potentialités du NCW (figure 19). Il faut aussi changer d'état d'esprit et aborder le « *NCW thinking* » qui, par l'enchevêtrement de l'homme et de la technique nécessite une nouvelle façon de penser.

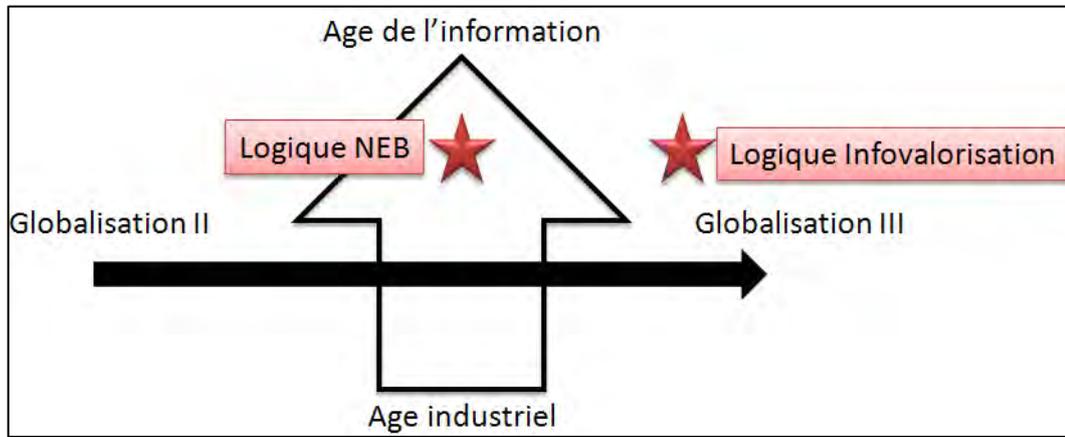


Figure 19. La NEB « messagerie » et l'infovalorisation, adapté de Blaker (2007).

### Encadré 25

#### Synthèse du chapitre 4

**Le NCW est un « concept d'opérations militaires fondé sur la supériorité informationnelle qui génère une augmentation de la puissance de combat grâce à la mise en réseau des senseurs, décideurs et tireurs.** Il permet d'accéder à une situation opérationnelle partagée, d'accélérer le processus décisionnel et le tempo des opérations, d'augmenter la létalité et la survivabilité et d'atteindre un certain niveau d'autosynchronisation » (United States Joint Staff, 2005).

**L'autosynchronisation** est la capacité « d'unités militaires d'orchestrer automatiquement leurs actions en fonction de l'intention donnée par le chef au lieu d'attendre des ordres ou instructions directs et explicites supplémentaires » (Defence Science and Technology Organisation, 2005).

**L'objectif du NetOps dans les opérations réseau-centrées (« Net-Centric Operations ») est de permettre au GIG de fournir aux opérateurs de tous niveaux, et dans n'importe quel environnement, les informations dont ils ont besoin.** Afin de réussir ce challenge, les capacités du NetOps sont orientées « mission », focalisées sur l'utilisateur, agiles au niveau global et évolutives en fonction des technologies et doctrines.

Le concept **d'interopérabilité** est central. Il est la condition *sine qua non* de la réussite du NCW. C'est l'aptitude des forces militaires à « s'entraîner, à s'exercer et à opérer efficacement ensemble en vue d'exécuter les missions et les tâches qui leur sont confiées » (Centre Interarmées de Concepts, de Doctrine et d'Expérimentations, 2012).

En juillet 2012, la Numérisation de l'Espace de Bataille (NEB) est toujours quasi-inexistante dans la littérature académique française et, lorsqu'elle apparaît, c'est pour traiter du concept américain de *Network-Centric Warfare* (NCW) qui peut paraître de prime abord analogue.

Pour le Commandement des Forces Terrestres français, l'objectif de la Numérisation de l'Espace de Bataille consiste à maîtriser l'information et le processus décisionnel pour acquérir et conserver l'avantage sur un adversaire en coercition de force, comme en maîtrise de la violence.

La définition officielle de la NEB est **la mise en réseau de l'ensemble des systèmes d'information interopérables entre eux (comprendre les TIC ou SIOC, N.D.A.), de**

**l'état-major jusqu'au dernier soldat, afin de traiter et diffuser en quasi-temps réel (ou temps réflexe) les informations utiles au combat.** Cette mise en relation de tous ces SI de commandement, de préparation et de conduite de mission doit permettre l'échange de données numériques fiables au sein d'un combat infocentré afin de comprendre, décider et agir plus rapidement que l'adversaire.

**Ce nouveau SIOC SICS rompt avec la logique d'intégration incrémentale des SIOC de la NEB « messagerie » (ou approche modulaire) qui s'est terminée en 2009 par l'arrêt de l'Opération d'Ensemble SIC TERRE (OE SIC TERRE) qui avait tenté, en vain, de rendre interopérable un ensemble de SIOC de générations différentes. SICS, via SCORPION, impose une mise en place de type « big bang », c'est-à-dire, et par analogie à la cosmologie, d'une manière globale et instantanée en évitant de réaliser des passerelles et interfaces provisoires avec les systèmes déjà en place.**

La définition officielle de l'infovalorisation est **l'exploitation optimale des ressources d'informations obtenues grâce aux technologies et à la mise en valeur de l'information à travers tout le dispositif** (La Numérisation de l'Espace de Bataille, 2010).

**Chapitre 5**  
**La NumALAT ou la numérisation de**  
**l'aérocombat**

## **Chapitre 5**

### **La NumALAT ou la numérisation de l'aérocombat**

La première section de ce chapitre dédié à la numérisation de l'ALAT présente les différents SIOC et plus particulièrement les dispositifs embarqués dans les hélicoptères. La seconde section a trait au Module de Préparation de Mission des Équipages (MPME), dispositif support de nos travaux.

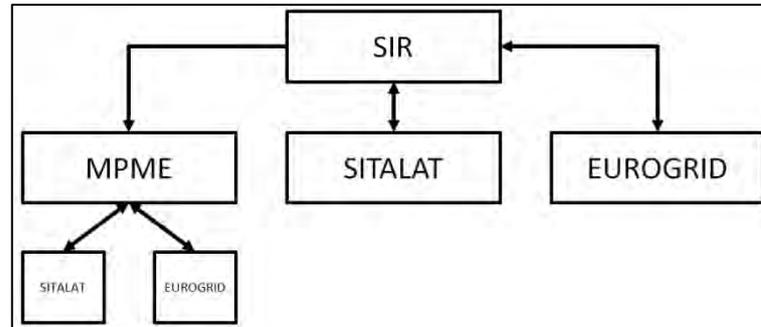
## Section 5.1

### Les systèmes embarqués

#### 5.1.1. Architecture générale

**La Numérisation de l'ALAT ou NumALAT est l'intégration de l'ALAT dans la NEB.**

Elle comprend un système de commandement et de conduite en vol, deux SIT (SITALAT et EUROGRID) et un dispositif sans équivalent dans les autres Armes : le Module de Préparation de Mission des Équipages hélicoptères ALAT (MPME).



**Figure 20. Architecture schématisée de la NumALAT.**

Le système de commandement en vol, prévu pour être embarqué dans un hélicoptère de manœuvre (HMPC/CV) ou léger (SCV) à compter de 2015/2017, sera composé de trois ensembles : des moyens informatiques et de communication propres aux postes de commandement, les logiciels de conduite SITALAT, SICS ou SIR (en fonction des évolutions de la NEB) et un logiciel d'interface avec la chaîne de contrôle directe du théâtre OTAN L16 (avec son moyen de communication MIDS associé). Les premières expérimentations d'échanges de données entre la LDT H et la LDT J (L16) ont été réalisées en 2011 et 2012 par la DGA / Essais en Vol grâce à la passerelle de traduction SYMPHONIC (SYstème de Passerelle Hélicoptère Orientée Nouvelles Interfaces de Communications).

### 5.1.2. Les Système d'Information Terminaux de l'ALAT

- **EUROGRID** de la société Dornier EADS équipe les appareils de nouvelles générations (EC 665 Tigre et NH 90 Caïman) et possède une logique d'utilisation NEB « messagerie ». Même si ce système est avant tout un « simple » générateur de cartes numériques, nous avons décidé de l'intégrer dans la NumALAT pour plus de clarté. En effet, EUROGRID ne fait pas officiellement partie du programme NumALAT du fait de son antériorité. Les deux raisons de notre choix sont :

- la présence **d'une Transmission de Données (TD)**, malgré des messages au format propriétaire (sauf celui d'échange de position). Cela autorise, au moins conceptuellement, de catégoriser EUROGRID comme un SIT du fait de sa logique d'emploi ;

- l'évolution « standard 2 » du Tigre intègre une **phase d'interopérabilité NEB**.

- le **SITALAT** (MicAvionics SA) équipera les hélicoptères d'anciennes générations (une partie des SA 342 Gazelle et l'ensemble des AS 532 Cougar en cours de rénovation). Contrairement à EUROGRID les messages ne sont pas dans un format propriétaire et il suivra la logique de l'infovalorisation au sein d'une Liaison de Données Tactiques ALAT nommée « H » ou LDT H.

Malgré des performances différentes, les deux SIT de l'ALAT proposent des fonctionnalités convergentes. Ces dispositifs supportent en effet une CP avec :

- **différentes échelles de fond cartographique** (2D + 3D pour le SITALAT) ;

- une **gestion de la SITAC** grâce à un éditeur tactique avec notamment le *Blue Force Tracking* hiérarchique (BFT, positions des forces amis<sup>74</sup>) et le *Red Force Tracking* (RFT, positions des forces ennemies repérées) ;

---

<sup>74</sup> Il existe aussi le BFT géographique qui correspond à la capacité d'un poste radio à donner sa position sur un canal « public » et donc accessible à l'ensemble des autres plateformes amies, qu'elles fassent partie ou non de la même unité.

- l'affichage et l'édition de données de navigation comme les Waypoints, Routes planifiées et Tracklogs (enregistrement automatique de la trajectoire réellement suivie sous forme de points à intervalles temporels ou métriques réguliers) ;
- la réception d'ordres et l'émission de comptes-rendus préformatés et graphiques ;
- l'affichage des données aéronautiques civiles et militaires (Coordination dans la 3<sup>ème</sup> Dimension ou C3D, encadré 26) ;
- un couplage plus ou moins fort avec les autres composants de l'hélicoptère (correspondance carte / viseur par exemple ou carte / alerte radar).

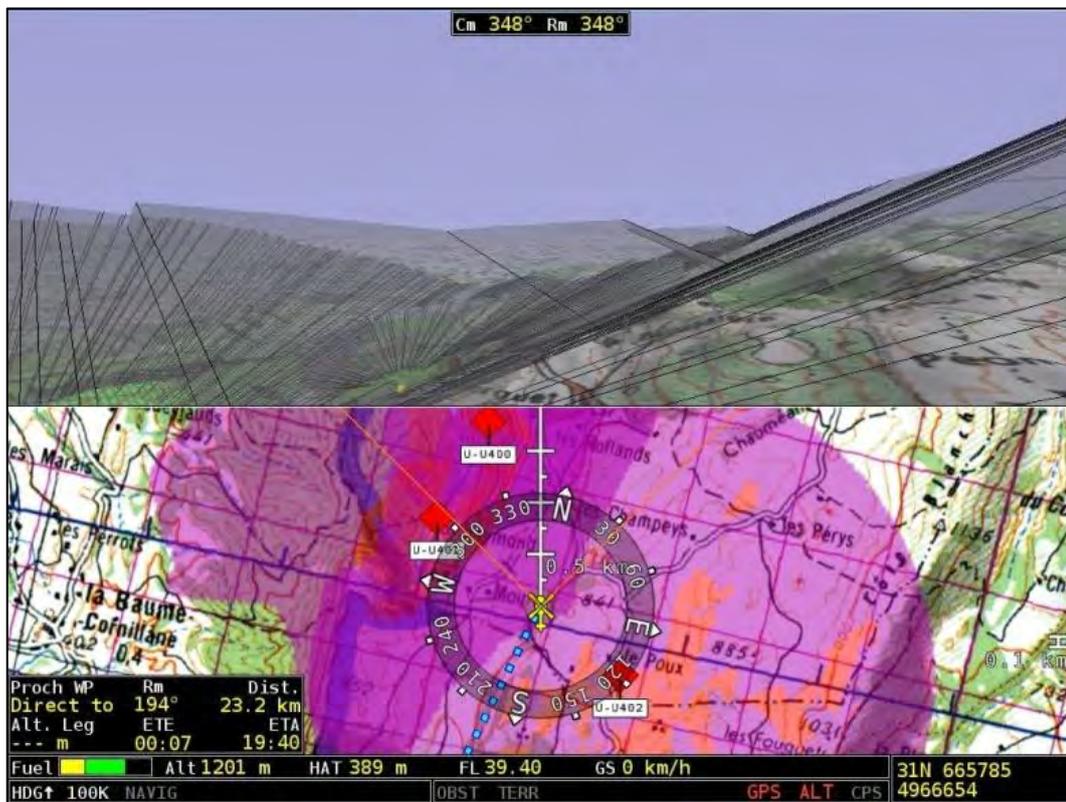


Figure 21. Exemple d'affichage 2D + 3D (SITALAT).

*Commentaires de la figure 21 :* l'écran du SITALAT peut être divisé en deux parties synchronisées. Celle du haut offre aux équipages une vue en 3 dimensions du terrain qui se trouve face à eux. La partie du bas propose une vision zénithale de leur position. La zone mauve (en bas) ou grise (en haut) matérialise dynamiquement, c'est-à-dire en fonction de l'attitude de l'aéronef, les capacités visuelles de l'ennemi.

### Encadré 26

#### Les données aéronautiques civiles et militaires de la SITAC

Les **données aéronautiques civiles** de la SITAC sont des objets graphiques découpant virtuellement un territoire. Ils font référence à un ensemble de procédures aéronautiques destinées à la coordination des aéronefs par les contrôleurs aériens, à la navigation, etc. La société Jeppesen fournit par exemple les données pour des récepteurs GPS aéronautiques Garmin. Ces objets peuvent être de type :

- **ponctuel** comme le VOR (figure 22), c'est-à-dire un radio phare omnidirectionnel implanté au sol qui émet dans la gamme d'ondes VHF (*Very High Frequency*) de 108 à 118 Mhz. Le récepteur VOR à bord de l'aéronef permet de sélectionner un axe d'approche (cap magnétique ou QDM) ou d'éloignement (relèvement magnétique ou QDR) afin de se positionner par rapport à lui<sup>75</sup>. Outre la position cartographique du VOR, le ponctuel possède des attributs particuliers comme la fréquence à afficher ;



Figure 22. Navigation vers le VOR OJC (Simulateur GPS Garmin 400W).

- **surfactive** comme une CTR (ConTRol zone), c'est-à-dire un espace aérien réglementé centré sur un aéroport afin de protéger les départs et arrivées des aéronefs. Les données attributaires incluent les fréquences pour contacter les services d'aéroports, les moyens d'avitaillement et de secours aéroportuaires, etc.

Les **données aéronautiques militaires** présentes dans la SITAC rentrent sous le vocable de Coordination dans la 3<sup>ème</sup> Dimension ou C3D. La C3D est un « ensemble de procédures

<sup>75</sup> QDM et QDR sont des codes aéronautiques (et non pas des sigles) provenant du Code Q à trois lettres imaginé au début du XX<sup>ème</sup> siècle pour faciliter des communications entre opérateurs de nationalités différentes.

adossées à des moyens techniques spécifiques permettant de prendre en compte la diversité et la vitesse de déplacement des mobiles intervenant dans la 3<sup>ème</sup> dimension » (Blondeau, 2007). Ces Intervenants dans la 3<sup>ème</sup> Dimension (I3D) peuvent être des avions pilotés, des drones ainsi que tout objet pouvant « circuler » dans ce milieu comme les missiles (système MARTHA sol/air) et, dans une moindre mesure, les obus tirés par les pièces d'artillerie sol/sol (système ATLAS). Comme pour les données civiles, l'espace aérien est découpé virtuellement en différents objets graphiques avec des validités temporelles contraintes afin de coordonner en sécurité les déplacements et actions des I3D en temps de guerre.

### **a. Le précurseur du SITALAT : EURONAV III**

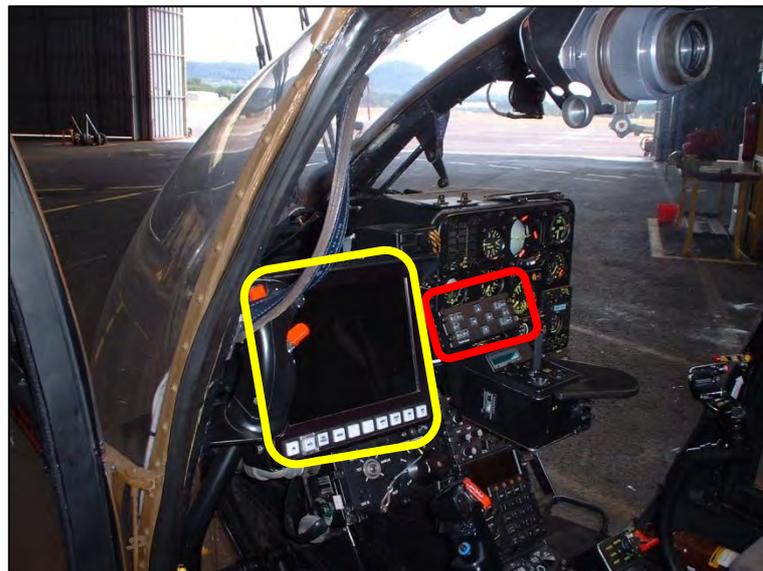
Le système embarqué EURONAV III (EuroAvionics Navigationssysteme GmbH & CO.KG) équipe depuis 2000 une partie des hélicoptères Gazelle SA 342 M1 VIVIANE et plus récemment certains SA 330 Puma (2004). Il ne dispose pas de capacités de transmission de données en temps réflexe et n'est donc pas un SIT. Ce calculateur cartographique, piloté par GPS, offre de nombreuses fonctions destinées à alléger la charge de travail des équipages dans le domaine de la navigation, de la prévention des collisions, des paramètres de vol (prise en compte des check-lists, du carburant, etc.) et de la gestion en temps réel des données géographiques.

L'écran multifonctions (écran unique qui dispose de plusieurs fonctions ou « pages ») avec filtre « JVN » (les nuisances lumineuses n'empêchent pas les vols sous JVN) permet de choisir la vision thermique en provenance de la caméra embarquée, pour les Gazelle VIVIANE uniquement, ou la visualisation cartographique. Les JVN sont des dispositifs à intensification de lumière, par conséquent, les éléments du tableau de bord doivent être « traités » par des filtres matériels ou logiciels afin de ne pas les saturer et finalement les rendre inopérants pour les pilotes.

La cartographie numérique dispose de capacités de superposition de couches d'informations géographiques multiscalaires avec défilement automatique. Les données de type raster proviennent de nombreuses sources (1 : 500 000 aéronautique, photographie géoréférencée de l'objectif, carte USRP, etc.) et côtoient des informations vectorielles (NavTeq, Jeppesen et VMAP). De plus, le chargement d'un Modèle Numérique de Terrain (comme le DTED) permet alors de visualiser l'orientation des pentes, de calculer des coupes

de terrain, d'effectuer des rendus hypsométriques<sup>76</sup> et d'indiquer un plafond de vol défini soit par les facultés intrinsèques de l'hélicoptère, soit par l'altitude d'une couche nuageuse. Enfin, le contexte militaire requiert la présence de différentes bases de données correspondantes à la situation tactique et à la coordination dans la 3<sup>ème</sup> dimension comme les positions amies, ennemies et les lignes ou zones de coordination.

Les données créées ou modifiées lors des missions, ainsi que l'enregistrement de la trajectoire de vol, sont ensuite sauvegardées dans les médias de transfert (cartes PCMCIA) afin d'être traitées dans les stations de préparation de mission au sol grâce aux outils d'Analyse Après Action.



**Figure 23. Station vol EURONAV III.**

**Commentaires de la figure 23 :** le rectangle rouge indique le boîtier de commande d'EURONAV. Il est placé sur le bras servant à la gestion des différentes caméras, du télémètre laser et du guidage missile. Le rectangle jaune désigne l'écran multifonctions qui permet l'affichage de la cartographie numérique.

Ces capacités n'ont pourtant pas apporté les bénéfices attendus. Le commandant de bord ne jouissait pas de temps libéré pour se consacrer plus spécifiquement aux objectifs de sa

---

<sup>76</sup> Colorisation des données numériques altimétriques du terrain selon une altitude donnée (fixe) ou par rapport à celle de l'aéronef (temps réel). Quand ce système est couplé avec une information radio-altimétrique, on parle d'E-GPWS pour « *Enhanced – Ground Proximity Warning System* ».

mission. Au contraire, de nombreux pilotes ont subi le Syndrome de Débordement Cognitif (Lahlou, 2000) du fait de la complexité du système, de la qualité médiocre de l'écran pour les tirs des missiles et de dispositifs de contrôle difficilement utilisables dans des conditions critiques. Ensuite, le faible taux d'équipement des appareils entraînait une perte rapide de compétences de la part des pilotes formés. Enfin, des contraintes trop fortes pesaient sur les maintenanciers puisque les systèmes EURONAV devaient être démontés avant chaque révision des hélicoptères.

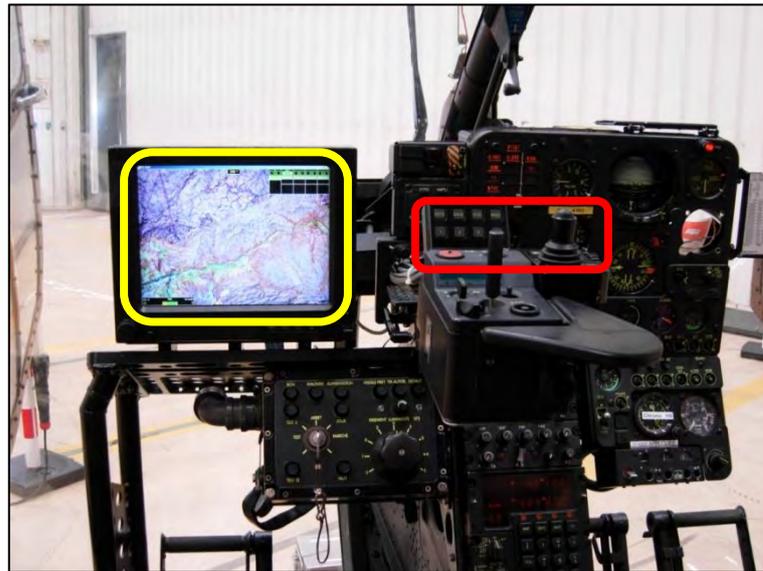
### **b. Le SITALAT**

Le Système d'Information Terminal de l'ALAT correspond au dernier maillon de la future chaîne numérisée NumALAT en s'intégrant dans une LDT qui permet aux différents systèmes d'armes d'avoir accès à des voies de communication normalisées fournissant des flux d'informations en temps réflexe.

Le SITALAT constitue avant tout l'outil de conduite numérisé du niveau patrouille. Ses capacités de transmission de données supportées par le PR4G permettent à l'ensemble des aéronefs d'une même formation de disposer en permanence de leurs positions et situations logistiques, de transmettre des ordres de déplacement, d'observation ou encore de tir. Le PR4G travaille, entre autres, en évasion de fréquence (EVF). En d'autres termes, l'ensemble des postes PR4G d'un même réseau change simultanément de fréquence (saut de fréquence) plusieurs centaines de fois par seconde selon une loi définie à l'avance afin que les participants puissent se synchroniser. Ce poste radio autorise par ailleurs une transmission vocodée très résistante à certaines attaques de guerre électronique tout en augmentant la portée des communications.

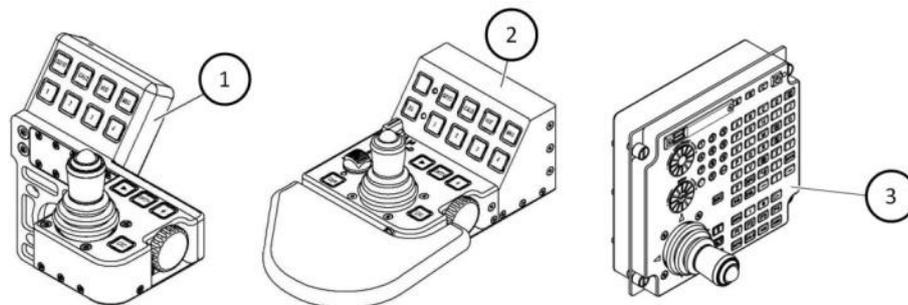
Ce système de gestion de tâches en vol bénéficie des dernières technologies d'affichage des couches d'information géographique et d'édition des données de navigation (sa base est l'application civile EURONAV V, elle-même développée à partir d'EURONAV III/IV). Néanmoins, ce matériel n'équiperà pas à court terme les hélicoptères de nouvelles générations (EC 665 Tigre et NH 90 TTH Caïman) qui possèdent déjà un système d'information complètement intégré quoique beaucoup moins performant en termes de transmission de données et de possibilités cartographiques. Pour l'EC 665 Tigre, la capacité de TD se dénomme « TD SIR TIGRE ». Le choix de la TD pour le NH 90 TTH Caïman n'a pas encore été fait.

Nous trouverons donc le SITALAT dans des aéronefs plus anciens comme les SA 342 M1 Gazelle VIVIANE, SA 342 L1 Gazelle MISTRAL (équipés de missiles air/air), et AS 532 Cougar Rénovés. Cela étant, l'ergonomie générale est dorénavant plus adaptée aux missions militaires. L'Interface Homme-Système a été en effet totalement repensée par rapport à EURONAV III en incluant un joystick, des boutons de fonctions programmables et des commandes vocales. Enfin, ce nouveau système embarqué bénéficie d'une intégration plus poussée au système d'arme et possède des mécanismes d'aide à la représentation de l'espace de bataille particulièrement novateurs pour un système embaqué militaire (3D par exemple).



**Figure 24. Le SITALAT à bord d'un hélicoptère SA 342 M1 Gazelle VIVIANE.**

*Commentaires de la figure 24 :* le rectangle rouge indique le boîtier de commande du SITALAT (CONT-UNIT). Comme celui d'EURONAV, il est placé sur le bras servant à la gestion des différentes caméras, du télémètre laser et du guidage missile. Le rectangle jaune désigne l'écran multifonctions qui permet l'affichage de la cartographie numérique 2D/3D.



**Figure 25. CONT-UNITs du SITALAT VIVIANE (1), Mistral (2) et Cougar (3).**

**Encadré 27**

**TDMA et LDT H**

Le *Time Division Multiple Access* (TDMA) est un mode de multiplexage permettant de transmettre simultanément les données provenant de plusieurs sources par un seul canal de communication (les deux autres principales méthodes sont le *Frequency Division Multiple Access* ou FDMA et le *Code Division Multiple Access* ou CDMA, figure 26). Il s'agit du multiplexage temporel, dont le principe est de découper le temps disponible entre les différents utilisateurs connectés. Une même fréquence peut alors être utilisée par plusieurs abonnés simultanément. Dans l'ALAT, on distingue le TDMA statique (TDMAs) du TDMA isochrone (TDMAi), plus récent. Les trois différences principales sont :

- **la synchronisation temporelle** : en TDMAs, elle se fait via une station « chef », en TDMAi chaque poste dispose d'une référence temporelle commune délivrée par le GPS ;

- **la TD / phonie** : le TDMAi permet de basculer rapidement du mode de TD à la phonie (toujours prioritaire) et inversement. Le TDMAs nécessite un poste radio pour la TD, donc un supplémentaire pour la phonie ;

- **des réseaux distincts** : 2 pour le TDMAs et 8 pour le TDMAi.

La société DIGINEXT s'est vue confier en novembre 2007 la réalisation d'une LDT capable de véhiculer les données exploitées par le SITALAT via les réseaux radio de type *Time Division Multiple Access*. Baptisée **Messagerie H**, ses propriétés « grammaticales » sont très proches de celles de la Messagerie J ou Liaison 16 (LDT OTAN) mais sont adaptées au débit plus faible des PR4G et aux spécificités des hélicoptères.

Les principales fonctionnalités de la LDT messagerie H sont :

- diffusion et édition de la situation tactique ;
- diffusion et édition de données de navigation ;
- gestion de la coordination dans la 3ème dimension ;
- gestion des ordres tactiques ;
- échange de messages textuels ;
- procédure de recueil automatique des participants.

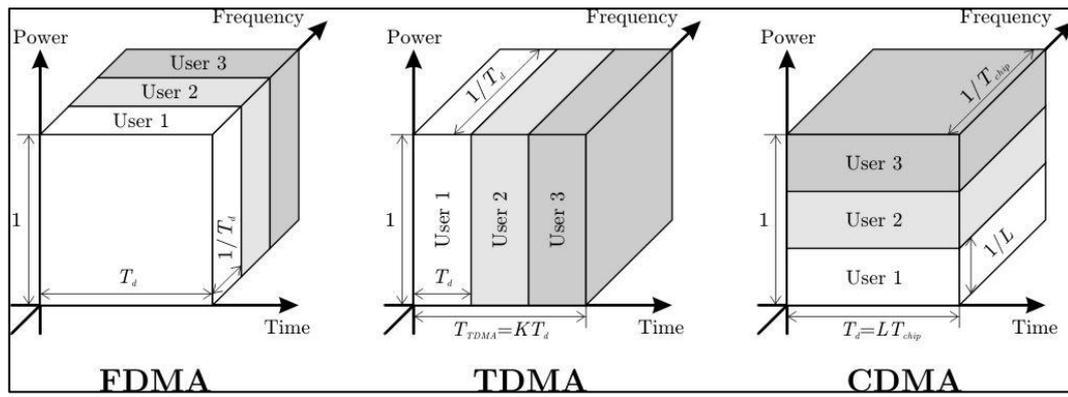


Figure 26. Les trois types de multiplexage.

## Section 5.2

# Les dispositifs de préparation et de restitution de mission

« *Considérez qu'avec de nombreux calculs on peut remporter la victoire, redoutez leur insuffisance. Combien celui qui n'en fait pas a peu de chances de gagner !* »

*Sun Tzu (Env. -600).*

---

### 5.2.1. La solution à base du SIG GeoConcept

#### a. Généralités

Le premier système complet de préparation de mission fut proposé par la société allemande EuroAvionics Navigationssysteme GmbH & CO.KG en 2000 pour transférer les données de navigation, ainsi qu'une partie de la SITAC, dans leur récepteur GPS EURONAV III. Cette solution se composait de trois sous-ensembles intégrés dans une station durcie<sup>77</sup> et transportable :

- **l'applicatif SIG GeoConcept V4.2 à V6.5** (de la société éponyme) dans sa version Expert (maintenant *Enterprise*) et disposant des modules Défense, 3D, SmartLabel et Image. Cet ensemble de logiciels permet de réaliser l'étude du terrain grâce notamment à l'intégration des formats standardisés OTAN comme les Modèles Numériques de Terrain DTED (1 ou 2) et les cartes numériques USRP ;

- **le moteur 3D VirtualGeo for GeoConcept** (avec *Terrain Preprocessor*) de la société CS Interactive, couplé avec un addon proposé par EuroAvionics, permet de sauvegarder les vols virtuels dans un format accepté par EURONAV III. De plus, il apporte des capacités 3D étendues par rapport au premier module 3D développé par la société GeoConcept SA (fondé sur la construction de maquettes 3D statiques en VRML) :

---

<sup>77</sup> « Une station durcie est conçue pour supporter des conditions d'utilisation difficiles voire extrêmes. Elle est plus résistante qu'une station classique : chocs, humidité, température, poussière, rayonnement électromagnétique... » (École des Transmissions, 2012).

déplacement sur l'intégralité de la carte, prise en compte de paramètres météorologiques, choix de l'éclairage, etc. ;

- le logiciel EURONAV III reprend les fichiers de navigation créés précédemment afin de les exporter dans les médias de transfert pour charger les systèmes embarqués. Il inclut également des outils de création de situation tactique ainsi qu'un entraîneur de station vol.

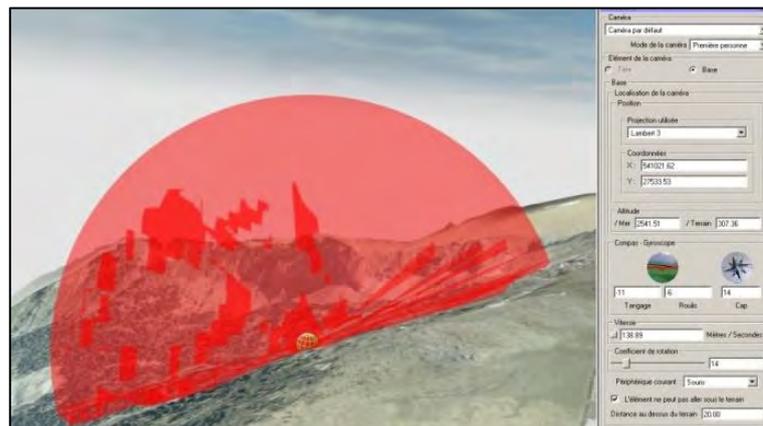


Figure 27. Intervisibilité volumétrique sous VirtualGeo.

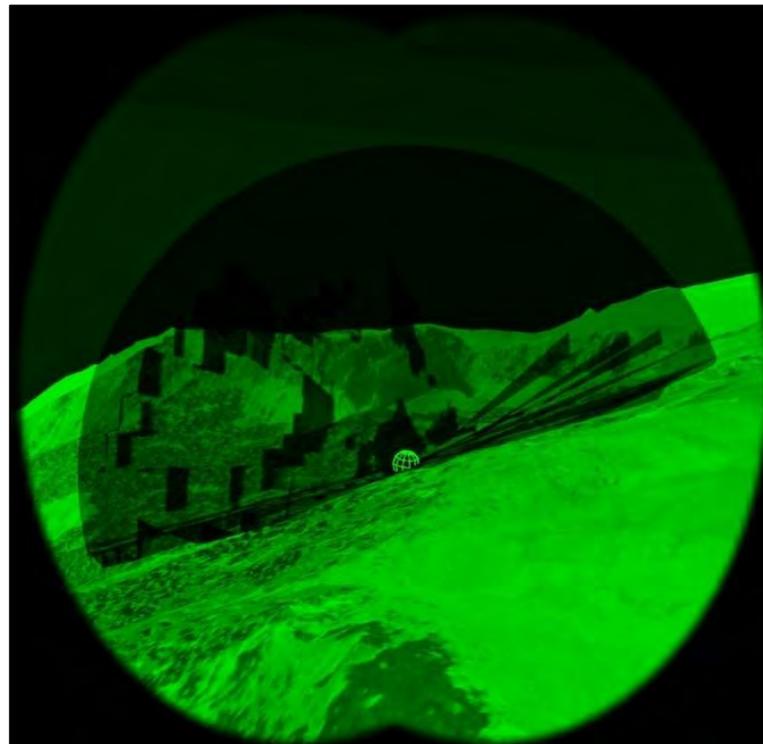


Figure 28. Vision JVN sous VirtualGeo.

### **b. Limites du triptyque GeoConcept VirtualGeo EURONAV III**

Malgré une évolution importante, cette solution, qui a surtout permis la définition d'un système de préparation de mission plus proche des besoins des pilotes, comporte de nombreux inconvénients qui n'ont pu être réellement compensés par quelques améliorations successives des sociétés impliquées.

Tout d'abord, la préparation des données était malheureusement redondante. Elle devait s'effectuer dans les trois sous-systèmes. Cela nécessitait des personnels navigants entièrement dévolus à cette fonction (le métier d'ISPN n'existait pas encore), ce qui entravait le bon fonctionnement des escadrilles. Ces sous-tâches de recopie étaient « invisibles » du point de vue de la hiérarchie et, là encore, le refus d'utiliser ces systèmes fut malheureusement considéré comme de la résistance au changement alors que la réelle problématique venait de la faible « utilisabilité » de ces premiers outils numériques<sup>78</sup>. La qualité fonctionnelle et décontextualisée de ce triptyque fut regrettamment perçue comme une condition nécessaire et suffisante pour assurer la bonne intégration de ces technologies dans le travail quotidien des équipages...

Corrélativement à cette problématique, la durée de formation des pilotes pouvait dépasser deux semaines. Qui plus est, l'incapacité d'exporter directement les objets ponctuels et linéaires du logiciel GeoConcept dans le format GPX (ou mieux directement dans les récepteurs GPS) limitait la pratique avantageuse des procédures de préparation de mission aux seuls équipages bénéficiant des quelques systèmes embarqués EURONAV III (30% du parc de Gazelle SA 342M1 VIVIANE). Les autres devaient se contenter de recopier manuellement les trajectoires définies dans la vue 3D de VirtualGeo vers les logiciels propres à leur récepteurs GPS comme Fugawi ou OziExplorer, avec les risques d'erreur importants que cela comportait. Les plus persévérants ont toutefois défini des procédures de conversion de données parfois fonctionnelles, souvent complexes.

---

<sup>78</sup> La norme ISO 9241-11:1998 définit l'utilisabilité comme le « degré selon lequel un produit peut être utilisé, par des utilisateurs identifiés, pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficience et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié ».

### 5.2.2. Le Module de Préparation de Mission des Équipages

Le Module de Préparation de Mission des Équipages<sup>79</sup> ou MPME (SAGEM – Groupe SAFRAN) a été adopté par l'institution militaire en 2009. Sa dernière version (1.2) a été ensuite qualifiée et a reçu son accréditation de Mise en Service Opérationnelle (MSO) au second semestre 2012. Le MPME est un système de préparation et de restitution de mission collaboratif, fédérateur et intégrateur qui s'insère dans la NEB « messagerie » (via le SIR et EUROGRID) et dans la NEB « de combat » (via le SITALAT). Il correspond à un Système d'Aide à la Décision de Groupe (SADG) de niveau 1 avec quelques fonctionnalités de niveau 2 selon l'échelle à 3 niveaux de Desanctis et Gallupe (1987).

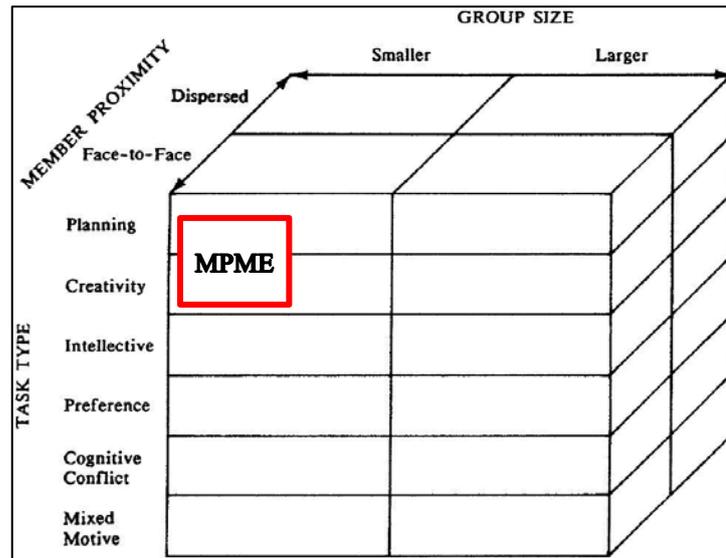
Selon Desanctis et Gallupe, un Système d'Aide à la Décision de Groupe ou SADG « combine des technologies de communication, informatiques et d'aide au processus décisionnel afin de faciliter la formulation et la solution de problèmes non structurés par un groupe d'individus »<sup>80</sup>. Les auteurs proposent une échelle à trois niveaux pour caractériser les SADG :

- **niveau 1** : le SADG est un support de communication. Il dispose de fonctionnalités destinées à supprimer les barrières de communication classiques (ces dernières allant de la timidité des intervenants jusqu'aux contraintes de la mise en réseau informatique). Exemples de SADG de niveau 1 : email, emplois du temps partagés, etc. ;
- **niveau 2** : le SADG est un système intégrant des outils automatisés. Il dispose, en plus des fonctionnalités de niveau 1, d'outils permettant aux individus composant le groupe de travailler simultanément sur un même projet. Exemples de SADG de niveau 2 : logiciel de gestion de projet Gantt, arbre de décision, etc. ;
- **niveau 3** : le SADG est basé sur un système expert. Il intègre donc des modèles de raisonnement conçus pour aider le groupe dans son processus décisionnel.

---

<sup>79</sup> La présentation de la version « export » du MPME, Helipsys, est accessible à l'adresse suivante : [http://www.sagem-ds.com/IMG/pdf/D1413E\\_Helipsys.pdf](http://www.sagem-ds.com/IMG/pdf/D1413E_Helipsys.pdf)

<sup>80</sup> « *A Group Decision Support Systems (GDSS) combines communication, computing, and decision support technologies to facilitate formulation and solution of unstructured problems by a group of people* ».



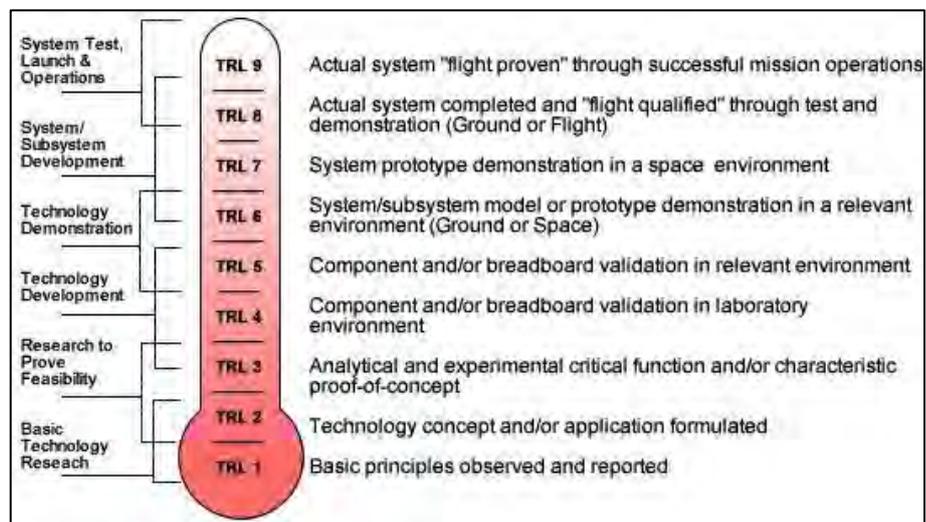
**Figure 29. Positionnement du MPME selon le modèle de Desanctis et Gallupe (1987).**

Modulable en réseau local (LAN), le MPME existe en deux versions : le modèle d'« infrastructure » à 6 postes affecté aux écoles (figure 31) et centres de simulation et son homologue « tactique » à 12 postes qui a été élaboré afin d'être utilisé dans un contexte de combat, c'est-à-dire à base de portables durcis (le nombre de stations pour l'ALAT est d'environ 200 unités). Le système d'exploitation du MPME est Linux Fedora Core. Ce logiciel s'appuie sur un certain nombre de C/GOTS (*Commercial / Gouvernement Off-The-Shelf*, logiciels achetés sur « étagère » ou fournis directement par l'institution) pour son moteur d'affichage cartographique 2D/3D et sa base de données. Fruit de nombreux retours d'expériences réalisés avec des dispositifs expérimentaux (notamment d'autres SIG), le MPME s'intègre parfaitement dans un environnement numérisé. C'est actuellement le seul dispositif opérationnel (« *Combat Proven* », encadré 28) de la NumALAT. Il équipe l'ensemble des unités et le matériel est destiné à être opéré en conditions sévères (portables durcis, climatiseurs, chauffages, groupes électrogènes, tentes, etc.). Les instructions sont budgétisées sous forme de stage d'une semaine ou, de plus en plus, directement intégrées dans les stages de formation continue obligatoires pour les équipages. Enfin, la ressource humaine en formateurs ISPN est en augmentation constante.

**Encadré 28**

***Combat proven et Technology Readiness Levels***

Un dispositif est considéré « *Combat Proven* » lorsqu'il a été utilisé avec succès lors d'opérations militaires réelles. C'est donc une preuve opérationnelle qui a valeur de certification. À titre de comparaison, l'appellation « *Combat proven* » place le dispositif étudié au niveau TRL 9 de l'échelle de maturité des technologies (*Technology Readiness Levels*) créée par la NASA dans les années 1980. Cette échelle est utilisée dorénavant par de nombreux autres organismes (*European Space Agency, U.S. Department Of Defense, etc.*). Concernant le MPME, il est présent depuis 2008 dans toutes les opérations militaires ALAT.



**Figure 30. *Technology Readiness Levels* (image NASA).**



**Figure 31. Le MPME d'infrastructure de la BEGL.**

Un effort important a aussi été réalisé sur la simplicité d'utilisation et en particulier sur les fonctions d'administration des données<sup>81</sup> : tous les aspects techniquement extérieurs aux besoins des pilotes ont été les plus automatisés et allégés (détection automatique du format des données géographiques lors de l'importation, symbologies des objets vectoriels définies par défaut, déplacement 3D de type « *Google Earth* », calcul d'intervisibilité, etc.). De plus, les données d'environnement (données géographiques numériques notamment) sont formatées sur un poste unique afin de les exporter dans les systèmes embarqués sans qu'aucun paramétrage fastidieux ne soit défini par les équipages. Cela ne doit toutefois pas occulter certaines actions régulières comme la mise à jour des données aéronautiques mensuelles, les commandes de données cartographiques en fonction des nouvelles zones d'intervention, etc.

Enfin, le passage de la 3D à la 4D a permis de s'extraire de la simple maquette 3D : la prise en compte de la dimension temporelle permet d'intégrer des notions de coordination en fonction d'horaires définis comme le *Time On Target* (encadré 29). Elle améliore aussi la représentation de l'espace 3D en modifiant, par exemple, la colorisation des objets représentés grâce à des attributs de validité temporelle. De manière générale, l'utilisation de la vision en 3 dimensions est destinée à l'apprentissage par cœur des trajectoires de vol près des positions adverses. Grâce à cet outil, les équipages construisent des cartes mentales basées sur des critères de connexité, proximité et de direction entre les objets géographiques (raisonnement topologique).

#### Encadré 29

##### Intervisibilité et *Time On Target*

**L'intervisibilité** est une « zone qui permet de visualiser une étendue définie dans une unité quelconque autour d'un objet ponctuel (maison, antenne, etc.) ou linéaire (route, ligne électrique, etc.) en prenant en compte un Modèle Numérique de Terrain (format numérique des formes du terrain pour une visualisation 3D par exemple) ou d'autres objets possédant une valeur *Z* (sursol) qui pourraient se trouver dans l'étendue calculée » (<http://georezo.net/wiki/main/dico/intervisibilite>). En d'autres termes, il s'agit pour un

---

<sup>81</sup> L'administration des données est « un secteur fonctionnel particulier de l'organisation chargé de la gestion des ressources en données de l'organisation. Il est responsable de la politique de l'information, de la planification des données, de la maintenance du dictionnaire des données et du respect des normes de qualité ».

équipage ALAT soit de déterminer les meilleures zones d'observation et/ou de tir soit de visualiser la portée des armes ennemies.

Le *Time On Target* ou TOT correspond à l'heure d'intervention sur l'objectif (destruction, posé d'assaut, etc.). Il permet à tous les équipages de préparer leurs missions à partir d'une base temporelle commune.

### **a. Le travail collaboratif**

Le MPME admet un travail en réseau sur des missions communes au sein d'un LAN. Il est ainsi possible de visualiser le « préjeu » complet de toute la mission sur un poste unique relié, par exemple, à un vidéoprojecteur ou un Tableau Blanc Interactif (TBI) et opéré par le chef. Après la réalisation de la mission, ce même principe de poste directeur est conservé grâce à ses capacités d'Analyse Après Action. Ce travail collaboratif informatisé met les utilisateurs en capacité de proposer de multiples solutions d'intervention, de les modifier, de visualiser des contradictions (risques d'abordage) ou des effets collatéraux non envisagés et, enfin, de sélectionner l'hypothèse de travail qui paraît la plus pertinente. Il faut préciser à nouveau que le MPME n'a rien d'un système expert<sup>82</sup> et qu'il s'intègre complètement dans la logique des espaces virtuels participatifs au sens de Cahier (2011) : « si la structuration formelle de la sémantique (par exemple via une ontologie formelle) rassure ceux qui grâce à ces techniques logiques envisagent une ingénierie adaptée pour des systèmes (par exemple : automatisation complète) fiables de leur point de vue [celles des ingénieurs, N.D.A.], cette solution est critiquable si l'on estime prioritaire de réintroduire dans la boucle davantage d'initiative humaine et d'intelligence qualitative ré-acceptant la divergence d'interprétation et le conflit ».

### **b. Un outil fédérateur**

Les pilotes peuvent préparer et analyser leurs missions sur un système unique et indépendamment des hélicoptères qu'ils utilisent. En effet, le logiciel, et plus généralement son Interface Homme-Machine (IHM), ne change pas en fonction du type d'aéronef. Un

---

<sup>82</sup> Un Système Expert est un logiciel informatique basé sur la connaissance qui peut collecter l'expertise humaine pour en faciliter la réutilisation afin de remplacer les décisions humaines. Il peut être à base de règles et dispose alors d'une intelligence artificielle qui comporte un grand nombre d'énoncés ou règles de type « SI...ALORS », interconnectés et imbriqués, qui forment la base de connaissance du système. Ces règles sont développées suite à la collecte de l'expertise humaine.

serveur de médias regroupe toutes les unités de transfert correspondantes aux différents systèmes embarqués (carte PCMCIA pour EURONAV III, *Data Insertion Device* DID et *Mobile Data Terminal* MDT pour EUROGRID, clé USB pour le SITALAT, etc.), ce qui permet aux équipages de travailler ensemble jusqu'au décollage et après l'atterrissage afin de réaliser les procédures de 3A. Bien entendu, EURONAV III n'est pas un SIT, mais le MPME est capable de communiquer avec ce dispositif d'une manière asynchrone (chargement des données préparées et déchargement des données enregistrées lors du vol).

### **c. Un interfaçage complet et intégrateur**

Contrairement à la solution « expérimentale » précédente (solution GeoConcept), le MPME fait partie intégrante de la NumALAT. Il est en effet apte à s'interfacer avec les systèmes d'information de commandement afin de recevoir toutes les données tactiques et de coordination nécessaires aux préparations des missions ainsi qu'à leurs restitutions. Ce système global peut être mis en place notamment grâce à des référentiels ou corpus de connaissances communes, comme le normage de la symbolique des unités présentes lors de la mission. Cette homogénéisation, outre qu'elle évite des erreurs manuelles (comme les longues copies de coordonnées géographiques), fait écho aux capacités de travail collaboratif : « les bases fondamentales de la collaboration reposent sur les connaissances et sur la façon dont elles circulent entre les acteurs, indépendamment des moyens et des outils adoptés pour le processus de conception » (Carrara & Fioravanti, 2011).

### ***5.2.3. Infovalorisation et NumALAT***

La NumALAT ne rentre pas aujourd'hui dans le cadre des premiers travaux du combat infovalorisé. Toutefois, les évolutions technologiques qu'elle a mises en avant, dont certaines sont en rupture par rapport au reste de l'armée de Terre (notamment la logique du TDMAi), seront reprises pour SICS. Il reste cependant à décider de son avenir en tant que programme « isolé » : s'intégrera-t-elle dans le programme structurant SCORPION via une mise à niveau de ses deux SIT par le SICS ou évoluera-t-elle indépendamment des troupes terrestres en garantissant une interopérabilité complète comme demandé dès SICS V0 ?

Une autre question reste actuellement en suspens : comment la NumALAT s'interconnectera avec la Liaison 16 ou Messagerie J qui est la LDT OTAN destinée à la

création et la mise à jour d'une CP unique entre les moyens aériens (Dubey, 2011). L'ALAT réalise actuellement des expérimentations qui ont permis d'identifier et de lever plusieurs risques (de sécurité, de traduction des messages, etc.) afin d'avoir les capacités à échanger des informations entre sa propre LDT et la Liaison 16 disponible par exemple grâce aux AWACS. Mais la structure organisationnelle et technologique n'est pas encore stabilisée. En effet, la présence de l'ALAT à la fois dans le milieu aérien et le milieu terrestre lui ajoute une complexité supplémentaire de coordination qui nécessitera une réflexion doctrinale poussée.

**Encadré 30**

**Synthèse du chapitre 5**

**La Numérisation de l'ALAT ou NumALAT est l'intégration de l'ALAT dans la NEB.**

Le Module de Préparation de Mission des Équipages ou MPME (SAGEM – Groupe SAFRAN) a été adopté par l'institution militaire en 2009. Sa dernière version (1.2) a été ensuite qualifiée et a reçu son accréditation de Mise en Service Opérationnelle (MSO) au second semestre 2012. Le MPME est un système de préparation et de restitution de mission collaboratif, fédérateur et intégrateur qui s'insère dans la NEB « messagerie » (via le SIR et EUROGRID) et dans la NEB « de combat » (via le SITALAT). Il correspond à un Système d'Aide à la Décision de Groupe (SADG) de niveau 1 avec quelques fonctionnalités de niveau 2 selon l'échelle à 3 niveaux de Desanctis et Gallupe (1987).

La NumALAT ne rentre pas aujourd'hui dans le cadre des premiers travaux du combat infovalorisé. Toutefois, les évolutions technologiques qu'elle a mises en avant, dont certaines sont en rupture par rapport au reste de l'armée de Terre (notamment la logique du TDMAi), seront reprises pour SICS. Il reste cependant à décider de son avenir en tant que programme « isolé » : s'intégrera-t-elle dans le programme structurant SCORPION via une mise à niveau de ses deux SIT par le SICS ou évoluera-t-elle indépendamment des troupes terrestres en garantissant une interopérabilité complète comme demandé dès SICS V0 ?

## **Chapitre 6**

### **Du prescrit au réel, le cas du MPME**

## **Chapitre 6**

### **Du prescrit au réel, le cas du MPME**

La première section livre les résultats d'expérimentations réalisées sur le simulateur tactique EDITH. La seconde section montre le point de basculement de notre recherche dû à la mise en évidence, lors de ces mêmes expérimentations, d'usages émergents faisant suite à l'implémentation du MPME.

## Section 6.1

### Impacts du MPME sur la mission

#### 6.1.1 Objectif des expérimentations

Les conséquences positives espérées de la technologie NumALAT sur l'efficacité des équipages étaient à l'origine très importantes et orientèrent nos travaux vers des problématiques axées sur la recherche de satisfaction des utilisateurs grâce à des comparaisons de performance. Cette idée est relativement proche de la perspective orientée assimilation (ou acceptation<sup>83</sup>) comme action raisonnée selon de Vaujany (2009a) et correspond « à une perspective rationnelle de l'usage des outils informatiques ».

Pour ce faire, nous avons réalisé le 10 décembre 2010 une série d'expérimentations grâce au système de simulation distribuée EDITH V3 afin de découvrir les différences en termes de temps de navigation, de réussites aux tirs, de temps de mission, etc. entre des patrouilles numérisées et des patrouilles « analogiques ». Les missions proposées provenaient d'une base de données de missions réellement utilisée pour la formation et l'entraînement des équipages. La mission était donc conforme aux types d'interventions que les pilotes avaient l'habitude de mener : raid dans la profondeur avec destruction d'un véhicule en mouvement et d'une antenne de communication statique. De plus, les pilotes des patrouilles numérisées avaient uniquement suivi une formation « ultra-technique » décrivant les fonctionnalités du MPME sans les contextualiser au préalable. Un formateur était présent avec les équipages lors de la PM. Il avait comme consigne de ne procéder à des régulations directes qu'en cas de blocage avéré par manque de connaissances du MPME de la part des participants.

---

<sup>83</sup> La notion d'acceptation en Système d'Information (de Vaujany, 2009a) n'a pas la même définition qu'en psychologie. En effet, pour cette discipline, l'acceptation couvre l'intégration et l'appropriation du système technique (Barcenilla & Bastien, 2009). Par contre le concept d'appropriation, comme nous le verrons, est semblable dans les deux disciplines.

L'objectif de ces expérimentations était d'effacer l'échec des solutions informatisées précédentes afin de démontrer aux équipages la pertinence des choix technologiques pris par l'ALAT. **Ces résultats, que nous espérions positifs, devaient donc satisfaire les pilotes et ainsi faciliter l'acceptation du MPME dans l'ensemble des unités.**

Nous avons souhaité, à ce stade de nos travaux, utiliser ces tests afin de mobiliser le *Technology Acceptance Model 3* ou TAM 3 (Davis, 1989; Venkatesh & Davis, 2000; Venkatesh, et al., 2003; Venkatesh & Bala, 2008; Bradley, 2012; Davis, et al., 1989). TAM 3 (figure 32) est un modèle intégrateur de TAM 2 (Venkatesh & Davis, 2000) et du modèle des déterminants de la facilité d'utilisation perçue (Venkatesh, 2000). Plus précisément, c'est la variable « démonstrabilité des résultats » (« *Result Demonstrability* ») que nous jugeons la plus pertinente afin de convaincre les équipages d'accepter la technologie. Cette idée fait écho à de Vaujany (2009a) lorsqu'il indique que « miser sur une démonstrabilité des résultats d'une innovation technologique serait ainsi plus efficace que de miser sur la preuve d'une certaine facilité d'utilisation ». Cela nous a paru totalement pertinent du fait que le MPME avait remplacé un SIG relativement complexe et peu efficient pour la préparation de missions (GeoConcept). Les équipages venaient donc avec un *a priori* négatif sur l'intérêt d'un nouveau système informatique de PM... Doherty et King (2003) expriment cette idée dans leur modèle représentant les facteurs d'inefficience du traitement des problèmes organisationnels lors de l'implémentation d'un nouveau Système d'Information par l'ajout d'une boucle de rétroaction passant par la variable « *the reinforcement of attitudes* ». On peut aussi mobiliser dans une certaine mesure la théorie de la disconfirmation des attentes de Olivier (1981) qui consiste « en une évaluation comparative de la qualité du service attendue à l'avantage final obtenu par l'utilisation » (Brangier, et al., 2009). L'insatisfaction engendrée par l'utilisation de GeoConcept, alors que les attentes des utilisateurs étaient fortes, est donc bien envisagée comme le résultat de l'évaluation négative d'une expérience d'interaction.

Ce rapprochement provient aussi d'une recommandation éditée par le Centre des Hautes Études de l'armement ou CHEAr (fusionné depuis 2010 avec l'Institut des Hautes Études de la Défense Nationale, IHEDN) et concerne l'acceptation de la simulation par les opérationnels : « l'augmentation de la part de la simulation dans les programmes de formation doit faire l'objet d'une mesure effective de performance qui en démontrera la pertinence » (Centre des Hautes Études de l'Armement, 2009). Le déterminant « démonstrabilité des

résultats » est le « degré auquel un individu estime que les résultats de l'utilisation d'un système sont tangibles, observables, et transmissibles » (Moore & Benbasat, 1991).

Toutefois, le contexte a changé. Si le SIG GeoConcept remplissait des fonctions utiles pour la PM, son utilisation n'était encore qu'optionnelle. Les SIOC de la NEB sont ou seront, quant à eux, obligatoires et réaliser ou continuer une mission dans un environnement complètement numérisé sera impossible si les opérateurs n'utilisent pas *a minima* leurs différents systèmes : que se passera-t-il par exemple si la position d'un appareil disparaît sur les écrans de contrôle du chef ? Deviendra-t-il automatiquement un « ennemi » ?

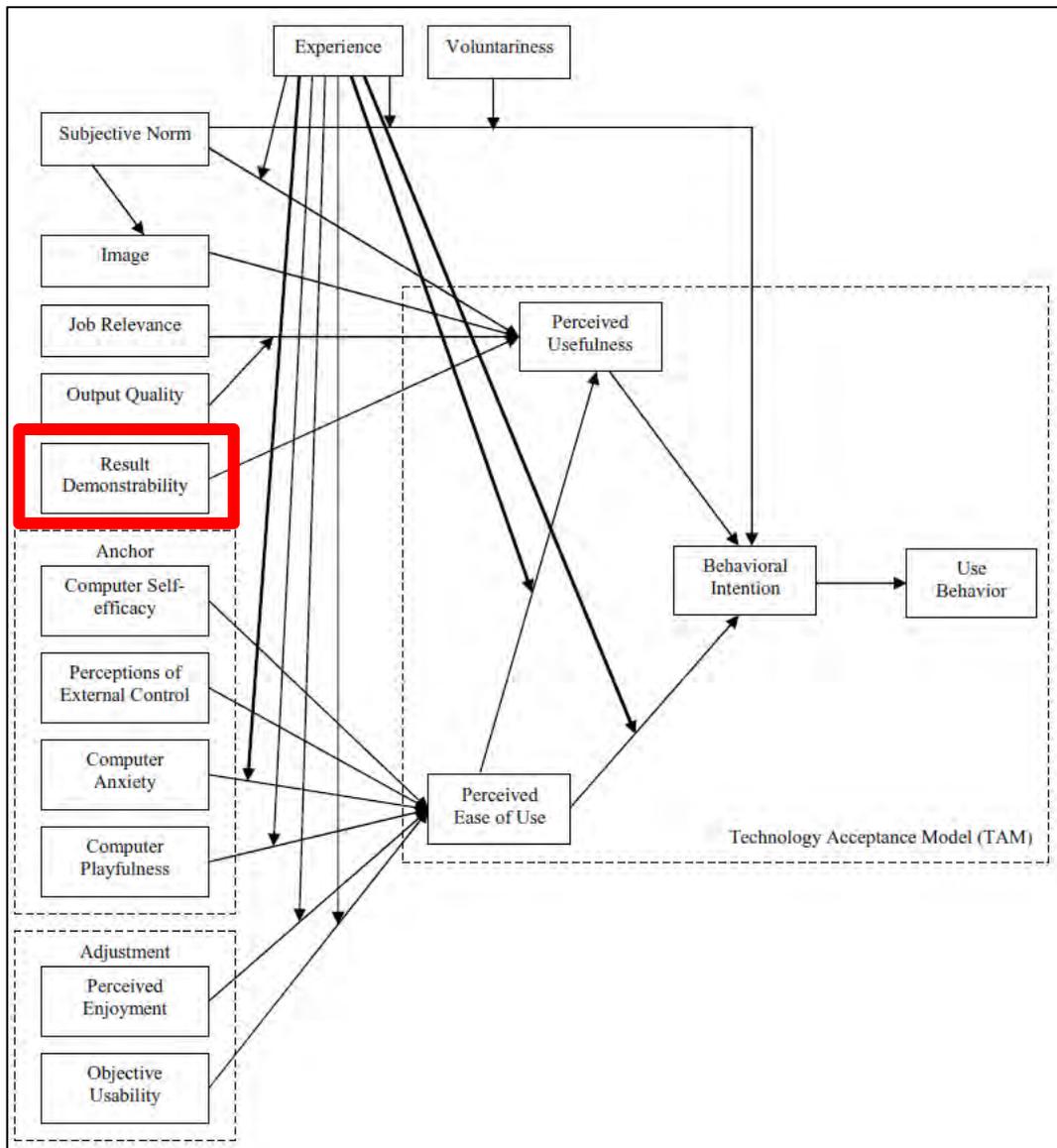


Figure 32. *Technology Acceptance Model 3* (Venkatesh & Bala, 2008).

### 6.1.2 Résultats des expérimentations

Les résultats les plus importants des expérimentations<sup>84</sup> sur le simulateur tactique EDITH montrent à la fois une baisse drastique des temps de communication et des valeurs en tous points supérieures au profit des patrouilles numérisées. **La NumALAT en général et le MPME en particulier ont donc des effets bénéfiques sur les missions ALAT.**

Certains points, tels que les résultats des tirs ou la perte de certains appareils, peuvent toutefois paraître critiquables et nous ne souhaitons pas en tirer de conclusions hâtives car beaucoup de pilotes découvraient pour la première fois les dispositifs utilisés pour les expérimentations. En d'autres termes, même si la situation écologique n'est pas complètement garantie à cause de la transposition didactique de la situation réelle de référence à la situation simulée, les données qui nous intéressent plus particulièrement (temps de mission et temps de communication) ne sont ni totalement dépendantes de la simulation ni subjectives (jugement par les pilotes de la faiblesse des capacités de navigation à vue par manque d'objets 3D par rapport au monde réel).

- **Durées des communications radio** : les patrouilles numérisées ont échangé environ 60 secondes sur le réseau radio alors que les deux patrouilles non numérisées ont échangé respectivement 89 secondes et 316 secondes. Cette seconde valeur est à relativiser car il faut la placer en parallèle d'une erreur de navigation extrêmement importante de la part d'un chef de patrouille (aucune erreur de navigation n'a été relevée pour les appareils numérisés car géolocalisés automatiquement).

- **Durées de la mission** : contrairement aux résultats précédents en faveur des patrouilles numérisées, le temps de PM est plus important pour les équipages travaillant sur le MPME (25 et 30 minutes) que sur leurs homologues utilisant des cartes en papier et des feutres (10 et 15 minutes). Cependant, ce temps « perdu » est largement rattrapé lors de la conduite de mission (environ deux fois moins de temps pour une patrouille numérisée).

---

<sup>84</sup> L'annexe 5 montre les enregistrements automatiques des trajectoires et des tirs.

**Tableau 7. Résultats des expérimentations sur simulateurs (communications).**

| Nom | Patrouille numérisée | Durée de la PM | Durée de la CM | Temps de com. radio (en secondes) | Nombre de contacts radio |
|-----|----------------------|----------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------|
| A   | Oui                  | 30'            | 30'            | 52                                | 23                       |
| B   | Non                  | 15'            | 50'            | 316                               | 100                      |
| C   | Oui                  | 25'            | 25'            | 60                                | 26                       |
| D   | Non                  | 10'            | 45'            | 89                                | 37                       |

**Tableau 8. Résultats des expérimentations sur simulateurs (tirs).**

| Nom | Patrouille numérisée | Réussite aux tirs | Appareil détruit | Détection radar | Nombre de tirs reçus |
|-----|----------------------|-------------------|------------------|-----------------|----------------------|
| A   | Oui                  | Oui               | 0                | Oui             | 0                    |
| B   | Non                  | Oui               | 0                | Non             | 1                    |
| C   | Oui                  | Oui               | 0                | Oui             | 0                    |
| D   | Non                  | Oui               | 1                | Non             | 4                    |

**Tableau 9. Résultats des expérimentations sur simulateurs (autres données).**

| Nom | Patrouille numérisée | Erreur majeure de navigation | Ancienneté des CP (années) |
|-----|----------------------|------------------------------|----------------------------|
| A   | Oui                  | Non                          | 3                          |
| B   | Non                  | Oui                          | 4                          |
| C   | Oui                  | Non                          | 4                          |
| D   | Non                  | Oui                          | 2                          |

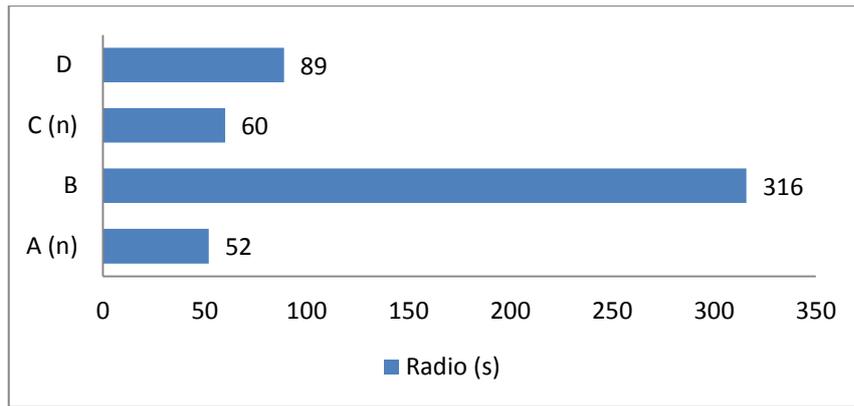


Figure 33. Différence de temps de communication.

Clairement, nous souhaitons rapidement passer à l'étape de l'évaluation du Système d'Information tant étions-nous imprégné du bien-fondé de cette vision causaliste. Notre feuille de route devait coupler des prolongements du modèle TAM comme le second modèle de Delone et McLean (2003) et des travaux de *benchmarking* selon l'acceptation informaticienne de Gillet et Gillet (2011) : « en informatique, le benchmark permet d'effectuer des tests comparatifs entre différentes solutions, pour en évaluer la performance et l'adéquation aux besoins. Cette méthode sera utile pour différencier des offres lors d'une évolution des outils informatiques de l'organisation ».

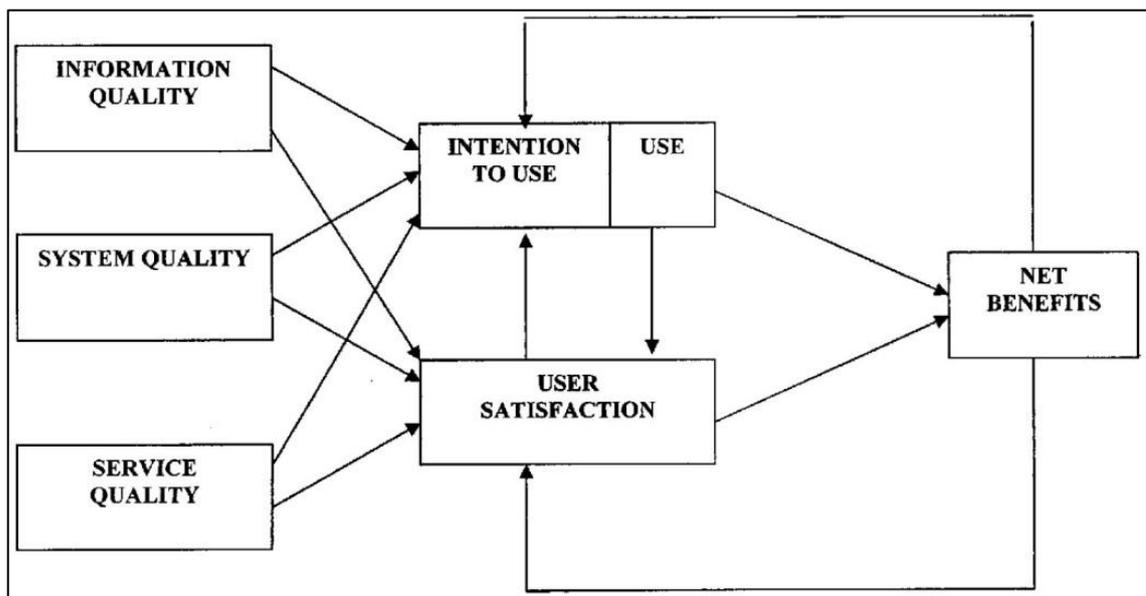


Figure 34. Seconde version du modèle de succès du SI (Delone & McLean, 2003).

## Section 6.2

### Découverte des usages émergents

Cette méthode et ce projet d'observations expérimentales, de quantification des performances des patrouilles numérisées et au final d'évaluation des SIOC a rapidement montré ses limites, car il ne porte que sur les résultats visibles et objectivés de leur fonctionnement.

**Cette méthodologie expérimentale ne nous apprend rien sur la dynamique sous-jacente de l'intégration réelle de la technologie dans les missions.**

De Vaujany (2009a) ne dit pas autre chose lorsqu'il explique que « la théorie de la diffusion de l'innovation (comme le TAM) reste relativement muette sur ce que devient concrètement la technologie dans les mains des acteurs. La question principale est de savoir finalement si la greffe a bien pris ». Si les résultats sont sans appel en faveur des équipages numérisés (ce qui prouve un certain « pouvoir » de la technologie comme nous le verrons dans la 3<sup>ème</sup> partie), les tests ont soulevé d'autres problématiques très intéressantes, mais cette fois-ci de compréhension du SI...

En effet, cette étape nous a permis de comprendre que les difficultés ne se situaient pas dans la résistance au changement (les équipages n'étaient pas contre l'évolution technologique) mais plutôt dans le processus de changement lui-même avec des différences entre le travail prescrit (par les ingénieurs, mais aussi par nos premières formations à l'évidence bien trop techniques) et le travail réel.

**Par conséquent, la constatation de plusieurs usages émergents lors de ces expérimentations, dont certains sont détaillés dans la 3<sup>ème</sup> partie, a réorienté notre problématique de recherche vers une approche plus compréhensive du SI.**

**Par ailleurs, des résidus dialogiques particulièrement intéressants, sorte de scories dans les dialogues dont personne ne porte généralement une attention particulière, sont apparus lors des rétrodictions réalisées en débriefing : nous avons en effet cherché à détailler et vérifier les nombreuses remarques comme « en vrai je ne fais pas comme ça » ou**

« c'est plus facile avec le dispositif X », etc. Un troisième indice de la présence importante d'usages émergents jusque dans les unités opérationnelles fut la baisse de l'utilisation du MPME (figure 35) alors que les équipages plébiscitaient sa technologie et sa logique NEB ! À l'inverse, des « sondages » lors de chaque stage et cours MPME ont montré une augmentation croissante de l'usage de dispositifs matériels ou logiciels (non officiels et officiels) en complément du MPME pour le PM (figure 36).

Enfin, cette idée « d'usages émergents », présentée lors d'un colloque en avril 2012 rassemblant de nombreux acteurs majeurs nationaux des RETEX (académiques, praticiens, publics et privés), entraîna un flot de critiques et surprises de la part des auditeurs du fait de notre contexte militaire aéronautique qui paraît pour le monde extérieur fortement règlementé et normatif.

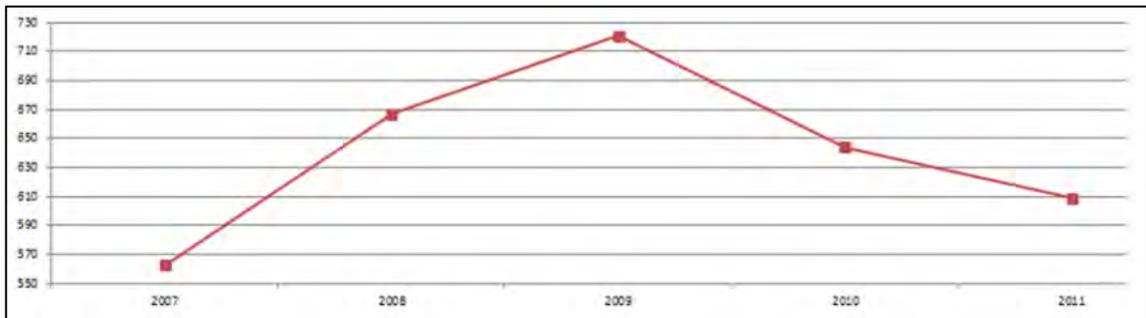


Figure 35. Baisse de l'utilisation du MPME de 2009 à 2011 (-16%).

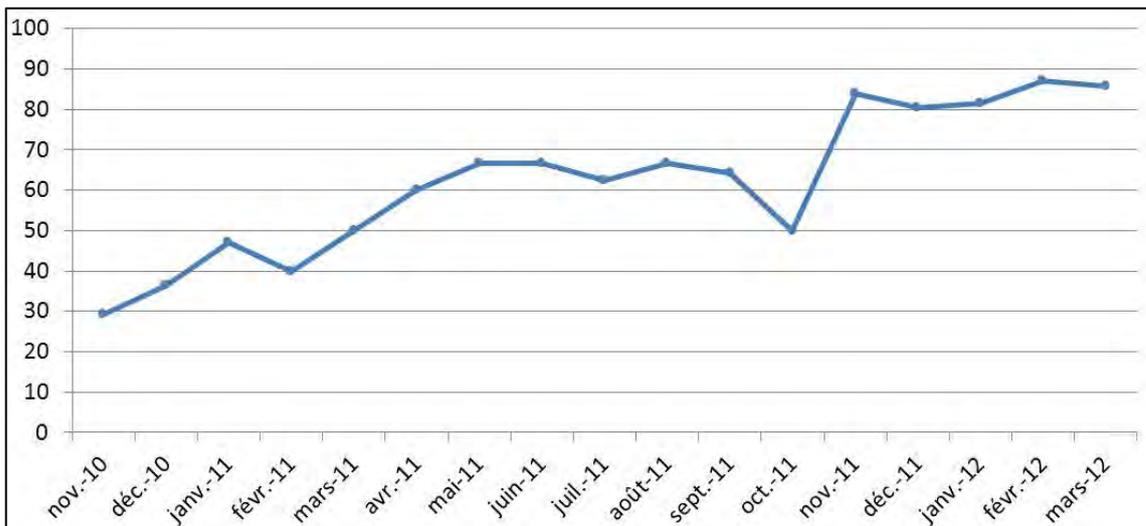


Figure 36. % de stagiaires utilisant des dispositifs en complément du MPME.

**Encadré 31**

**Synthèse du chapitre 6**

L'objectif de ces expérimentations était d'effacer l'échec des solutions informatisées précédentes afin de démontrer aux équipages la pertinence des choix technologiques pris par l'ALAT. **Ces résultats, que nous espérons positifs, devaient donc satisfaire les pilotes et ainsi faciliter l'acceptation du MPME dans l'ensemble des unités.**

Les résultats les plus importants des expérimentations sur le simulateur tactique EDITH montrent à la fois une baisse drastique des temps de communication et des valeurs en tous points supérieures au profit des patrouilles numérisées. **La NumALAT en général et le MPME en particulier ont donc des effets bénéfiques sur les missions ALAT.**

**Cette méthodologie expérimentale ne nous apprend rien sur la dynamique sous-jacente de l'intégration réelle de la technologie dans les missions.**

En effet, cette étape nous a permis de comprendre que les difficultés ne se situaient pas dans la résistance au changement (les équipages n'étaient pas contre l'évolution technologique) mais plutôt dans le processus de changement lui-même avec des différences entre le travail prescrit (par les ingénieurs, mais aussi par nos premières formations à l'évidence bien trop techniques) et le travail réel.

**Par conséquent, la constatation de plusieurs usages émergents lors de ces expérimentations, dont certains sont détaillés dans la 3<sup>ème</sup> partie, a réorienté notre problématique de recherche vers une approche plus compréhensive du SI.**

## Conclusion de la 2ème partie

Le NCW, le *Network Enabled Capability* ou la NEB au sens large sont, selon les points de vues, des théories, philosophies ou concepts qui ont donné naissance à des principes d'emploi comme la guerre en réseau, les opérations réseau-centrées ou infocentrées, le *NetOps*, les *Network-Centric Operations*, etc. Pourtant, ces termes formalisent simplement un état de fait, militaire et civil, commencé bien antérieurement : l'opérationnalisation concrète de ces approches théoriques se retrouve par exemple pour certains depuis bientôt 20 ans dans des vocables tels que *Digitization of the Battlefield*, Numérisation des Forces Terrestres, Numérisation de l'Espace de Bataille « messagerie », etc. L'infovalorisation est un cas légèrement à part qui reprend à la fois les apports théoriques du NCW et les perspectives plus opérationnelles de la NFT. Comme tout nouveau système d'arme, on assiste à un débat entre ses partisans et ses opposants ; débat exacerbé par les conflits asymétriques (qui ont pourtant toujours existé), les évolutions organisationnelles extrêmement rapides des armées occidentales, des champs lexicaux abscons et les choix budgétaires souvent cornéliens.

Le besoin de partage de l'information n'est pas non plus nouveau. Depuis la nuit des temps, les chefs militaires ont cherché à percer le brouillard de la guerre afin de connaître les forces et faiblesses ennemies tout en contrôlant leurs propres unités combattantes. Les « navettes » et positions surplombant le champ de bataille pouvaient suffire à une époque mais, dorénavant, les élongations rendues possibles par les véhicules modernes impliquent souvent des combats ou des opérations de sauvegarde terrestre lacunaires qui nécessitent de transmettre de plus en plus d'informations de tout type (image, vidéo, texte, voix, etc.). C'est donc bien la « forme » de l'information qui a changé. D'analogique, elle est devenue numérique. Les moyens nécessaires pour la faire circuler doivent donc eux aussi évoluer en conséquence. De plus, le besoin de partage de cette information numérisée s'étend maintenant à toutes les composantes du champ de bataille ou des zones de catastrophes naturelles : Armes, armées françaises ou alliées, organisations civiles, etc. Nous sommes donc à un point de non-retour. La Numérisation de l'Espace de Bataille aura bien lieu et de nombreux pays sont en passe de réussir ce défi à première vue purement technologique.

La NumALAT, qu'elle se développe de son côté en assurant une interopérabilité complète avec les forces amies, ou qu'elle s'intègre au programme SCORPION via la mise en œuvre de SICS à bord de ses hélicoptères, se concrétisera dans les années à venir. Par conséquent, il est

indispensable de dépasser l'opposition ou l'acceptation simple des Technologies de l'Information en étudiant proactivement les impacts de ces nouveaux dispositifs sur l'ensemble de l'ALAT. À ce titre, il nous semble opportun d'observer les usages qui émergent au sein des unités opérationnelles afin de réfléchir sur les pistes d'évolutions du Système d'Information NEB.

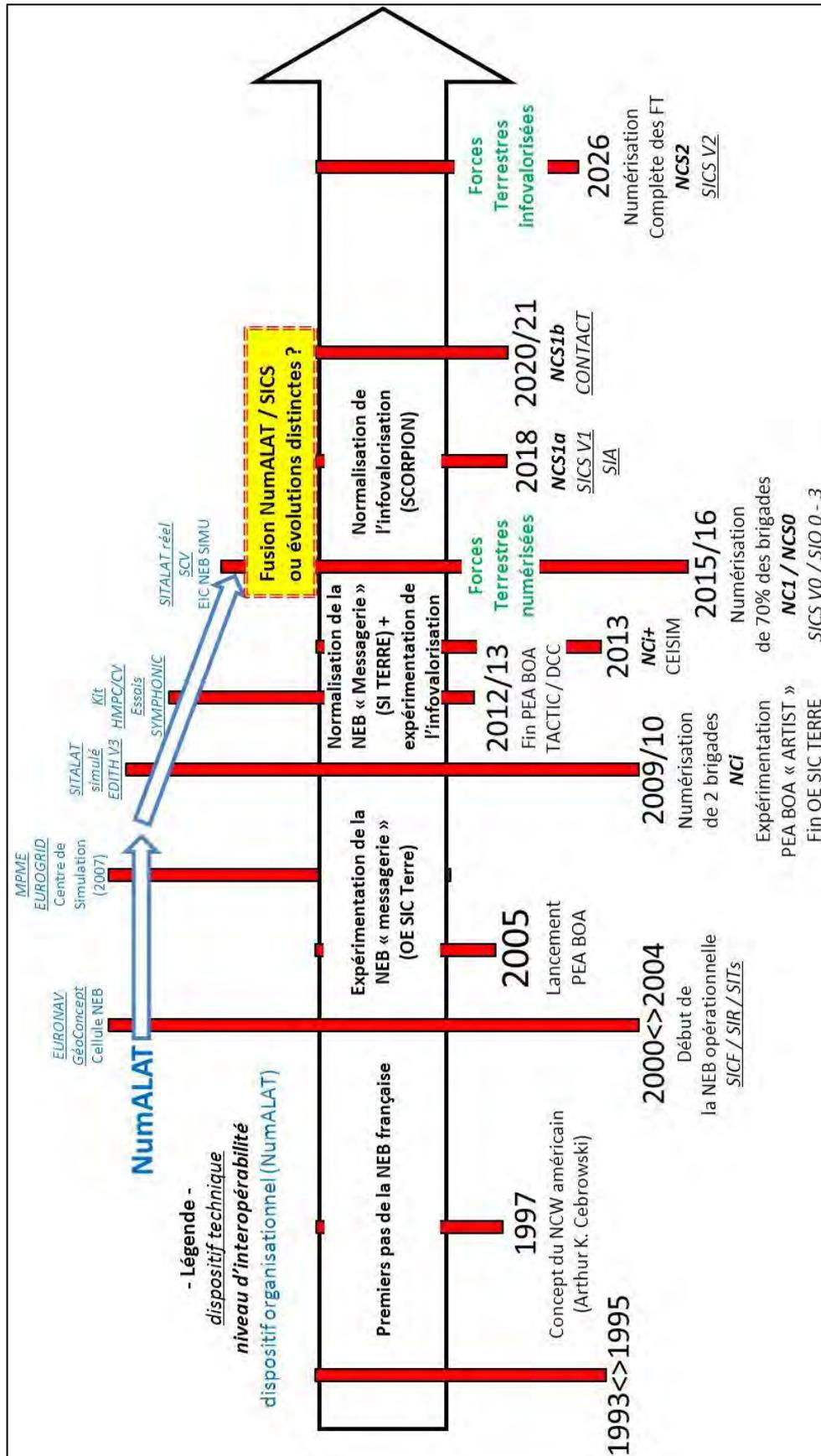


Figure 37. Historique de la Numérisation des Forces Terrestrées.

## Encadré 32

### Synthèse de la 2<sup>ème</sup> partie

#### Chapitre 4

#### La guerre en réseau ou la céleustique du XXI<sup>ème</sup> siècle

Le NCW est un « concept d'opérations militaires fondé sur la supériorité informationnelle qui génère une augmentation de la puissance de combat grâce à la mise en réseau des senseurs, décideurs et tireurs. Il permet d'accéder à une situation opérationnelle partagée, d'accélérer le processus décisionnel et le tempo des opérations, d'augmenter la létalité et la survivabilité et d'atteindre un certain niveau d'autosynchronisation » (United States Joint Staff, 2005).

L'**autosynchronisation** est la capacité « d'unités militaires d'orchestrer automatiquement leurs actions en fonction de l'intention donnée par le chef au lieu d'attendre des ordres ou instructions directs et explicites supplémentaires » (Defence Science and Technology Organisation, 2005).

L'**objectif du NetOps dans les opérations réseau-centrées** (« *Net-Centric Operations* ») est de permettre au GIG de fournir aux opérateurs de tous niveaux, et dans n'importe quel environnement, les informations dont ils ont besoin. Afin de réussir ce challenge, les capacités du NetOps sont orientées « mission », focalisées sur l'utilisateur, agiles au niveau global et évolutives en fonction des technologies et doctrines.

Le concept d'**interopérabilité** est central. Il est la condition *sine qua non* de la réussite du NCW. C'est l'aptitude des forces militaires à « s'entraîner, à s'exercer et à opérer efficacement ensemble en vue d'exécuter les missions et les tâches qui leur sont confiées » (Centre Interarmées de Concepts, de Doctrine et d'Expérimentations, 2012).

En juillet 2012, la Numérisation de l'Espace de Bataille (NEB) est toujours quasi-inexistante dans la littérature académique française et, lorsqu'elle apparaît, c'est pour traiter du concept américain de *Network-Centric Warfare* (NCW) qui peut paraître de prime abord analogue.

Pour le Commandement des Forces Terrestres français, l'objectif de la Numérisation de l'Espace de Bataille consiste à maîtriser l'information et le processus décisionnel pour acquérir et conserver l'avantage sur un adversaire en coercition de force, comme en maîtrise de la violence.

La définition officielle de la NEB est **la mise en réseau de l'ensemble des systèmes d'information interopérables entre eux (comprendre les TIC ou SIOC, N.D.A.), de l'état-major jusqu'au dernier soldat, afin de traiter et diffuser en quasi-temps réel (ou temps réflexe) les informations utiles au combat.** Cette mise en relation de tous ces SI de commandement, de préparation et de conduite de mission doit permettre l'échange de données numériques fiables au sein d'un combat infocentré afin de comprendre, décider et agir plus rapidement que l'adversaire.

**Ce nouveau SIOC SICS rompt avec la logique d'intégration incrémentale des SIOC de la NEB « messagerie » (ou approche modulaire) qui s'est terminée en 2009 par l'arrêt de l'Opération d'Ensemble SIC TERRE (OE SIC TERRE) qui avait tenté, en vain, de rendre interopérable un ensemble de SIOC de générations différentes. SICS, via SCORPION, impose une mise en place de type « big bang », c'est-à-dire, et par analogie à la cosmologie, d'une manière globale et instantanée en évitant de réaliser des passerelles et interfaces provisoires avec les systèmes déjà en place.**

La définition officielle de l'infovalorisation est **l'exploitation optimale des ressources d'informations obtenues grâce aux technologies et à la mise en valeur de l'information à travers tout le dispositif** (La Numérisation de l'Espace de Bataille, 2010).

## Chapitre 5

### La NumALAT ou la numérisation de l'aérocombat

**La Numérisation de l'ALAT ou NumALAT est l'intégration de l'ALAT dans la NEB.**

Le Module de Préparation de Mission des Équipages ou MPME (SAGEM – Groupe SAFRAN) a été adopté par l'institution militaire en 2009. Sa dernière version (1.2) a été ensuite qualifiée et a reçu son accréditation de Mise en Service Opérationnelle (MSO) au second semestre 2012. Le MPME est un système de préparation et de restitution de mission collaboratif, fédérateur et intégrateur qui s'insère dans la NEB « messagerie » (via le SIR et EUROGRID) et dans la NEB « de combat » (via le SITALAT). Il correspond à un Système d'Aide à la Décision de Groupe (SADG) de niveau 1 avec quelques fonctionnalités de niveau 2 selon l'échelle à 3 niveaux de Desanctis et Gallupe (1987).

La NumALAT ne rentre pas aujourd'hui dans le cadre des premiers travaux du combat infovalorisé. Toutefois, les évolutions technologiques qu'elle a mises en avant, dont certaines sont en rupture par rapport au reste de l'armée de Terre (notamment la logique du TDMAi), seront reprises pour SICS. Il reste cependant à décider de son avenir en tant que programme « isolé » : s'intégrera-t-elle dans le programme structurant SCORPION via une mise à niveau de ses deux SIT par le SICS ou évoluera-t-elle indépendamment des troupes terrestres en garantissant une interopérabilité complète comme demandé dès SICS V0 ?

## **Chapitre 6**

### **Du prescrit au réel, le cas du MPME**

L'objectif de ces expérimentations était d'effacer l'échec des solutions informatisées précédentes afin de démontrer aux équipages la pertinence des choix technologiques pris par l'ALAT. **Ces résultats, que nous espérions positifs, devaient donc satisfaire les pilotes et ainsi faciliter l'acceptation du MPME dans l'ensemble des unités.**

Les résultats les plus importants des expérimentations sur le simulateur tactique EDITH montrent à la fois une baisse drastique des temps de communication et des valeurs en tous points supérieures au profit des patrouilles numérisées. **La NumALAT en général et le MPME en particulier ont donc des effets bénéfiques sur les missions ALAT.**

**Cette méthodologie expérimentale ne nous apprend rien sur la dynamique sous-jacente de l'intégration réelle de la technologie dans les missions.**

En effet, cette étape nous a permis de comprendre que les difficultés ne se situaient pas dans la résistance au changement (les équipages n'étaient pas contre l'évolution technologique) mais plutôt dans le processus de changement lui-même avec des différences entre le travail prescrit (par les ingénieurs, mais aussi par nos premières formations à l'évidence bien trop techniques) et le travail réel.

**Par conséquent, la constatation de plusieurs usages émergents lors de ces expérimentations, dont certains sont détaillés dans la 3<sup>ème</sup> partie, a réorienté notre problématique de recherche vers une approche plus compréhensive du SI.**

## **3<sup>ème</sup> partie**

# **La sociomatérialité comme cadre d'analyse des usages émergents**

## Introduction de la 3<sup>ème</sup> partie

Contrairement à d'autres armées, la culture militaire française favorise la prise d'initiative par les échelons subordonnés via une intention du chef. Cela se traduit concrètement par l'expression d'un effet majeur<sup>85</sup> et d'une mission dont l'exécution est laissée à l'initiative du subordonné. Ce dernier, imprégné de l'esprit de son chef met tout en œuvre pour accomplir sa mission (souvent accompagnée du qualificatif « sacrée ») et profite de toute occasion pour exploiter une situation. Les usages émergents sont donc inéluctables.

La partie précédente confirme bien que l'implémentation du MPME dans les unités ALAT induit des usages qui n'étaient pas prévus à l'origine. Afin de comprendre ces réactions de la part des pilotes nous devons prendre du recul par rapport à la seule vision technique. À ce titre, le chapitre 7 présente une étude des textes relatifs à l'appropriation des technologies ; point de départ qui nous permet d'atteindre le concept plus pertinent dans notre contexte de bricolage au sens de Ciborra. Nous proposons ensuite trois approches académiques et théoriques de la technologie : l'approche technocentrée, l'approche émergente et l'approche sociomatérielle. Le chapitre suivant (chapitre 8), après une analyse de quatre bricolages réels à partir de la grille de lecture citée précédemment, livre les résultats de notre recherche en démontrant que le concept de sociomatérialité avancé par Orlikowski est le seul qui offre la capacité réelle de proposer des évolutions cohérentes et globales du SI. Nous démontrons toutefois que son opérationnalisation est subordonnée d'une part au cadre épistémologique du Réalisme Critique et d'autre part à la mise en place d'une nouvelle méthode de Retour d'Expérience fondée sur le modèle de *Lessons-Learned* de l'OTAN, le RETEX Accompagné ou RETEXA. Le dernier chapitre (chapitre 9) traite des limites de nos travaux et de plusieurs perspectives de recherches futures, intégralement dans le champ des Sciences Humaines et Sociales.

---

<sup>85</sup> L'effet majeur est un « ensemble d'effets à obtenir sur l'adversaire ou le milieu en un temps et un lieu donnés et dont la réalisation garantit la réussite de la mission » (Centre Interarmées de Concepts, de Doctrine et d'Expérimentations, 2012).

**Tableau 10. Structure de la 3<sup>ème</sup> partie de la thèse.**

|   |   |
|---|---|
| <b>1<sup>ère</sup> partie</b>   |   |
| <b>Légitimité d'une recherche en Systèmes d'Information</b>                     |   |
| <b>2<sup>ème</sup> partie</b>   |   |
| <b>Les opérations réseau-centrées : nouvelle théorie de la guerre</b>           |   |
| <b>3<sup>ème</sup> partie</b>   |   |
| <b>La sociomatérialité comme cadre d'analyse des usages émergents</b>           |   |
| <i>Chapitre 7 Du nécessaire dépassement du concept d'appropriation</i>          |   |
| Section 7.1 Le bricolage comme une extension au concept dual de l'appropriation | Section 7.2 Trois perspectives théoriques pour lier les bricolages au SI          |
| <i>Chapitre 8 Résultats de la recherche</i>                                     |   |
| Section 8.1 Intégrer l'invisible  | Section 8.2 Implication managériale sur les méthodes de RETEX                     |
| <i>Chapitre 9 Limites et perspectives</i>                                       |   |
| Section 9.1 Les limites intrinsèques aux études de cas                          | Section 9.2 Des opportunités de recherches pour les Sciences Humaines et Sociales |

**Chapitre 7**  
**Du nécessaire dépassement du concept**  
**d'appropriation**

## **Chapitre 7**

### **Du nécessaire dépassement du concept d'appropriation**

La première section de ce chapitre est destinée à comprendre le mécanisme des usages émergents à partir d'une revue de littérature sur le concept d'appropriation. La seconde section présente les trois approches théoriques possibles de la technologie : technocentrée, émergente et sociomatérielle.

## **Section 7.1**

# **Le bricolage comme une extension au concept dual de l'appropriation**

Cette courte revue de littérature concernant le concept d'appropriation n'est pas vouée à « tracer la frontière avec ce qui reste à connaître sur la question traitée » (Olivier, et al., 2005) mais à opérationnaliser ce concept. Pour ce faire, et dans un premier temps, nous synthétiserons les différentes approches de l'émergence d'usages non prévus qui proviennent de la mise en acte des technologies dans le travail quotidien. Puis, dans un second temps, ce travail met en évidence le gouffre qui sépare le concept d'appropriation dans la littérature académique avec son approche dans la littérature professionnelle militaire. Cet écart permet de comprendre pourquoi la vision technocentrée a été l'unique approche des usages émergents.

### ***7.1.1. L'appropriation dans la littérature académique***

Nous avons choisi d'aborder l'appropriation comme le complément de deux processus antérieurs (de Vaujany, 2009a) : l'adoption d'une technologie par les décideurs (non traitée dans ces travaux) et l'acceptation de la technologie comme choix raisonné. Par conséquent, l'appropriation est aussi l'étape la plus complexe à étudier de par son imprédictibilité et sa difficile mesure objective. On retrouve ici, en arrière-plan, le clivage classique mais consensuel dans de nombreuses disciplines, entre le travail prescrit et le travail réel. Cette définition de l'appropriation se retrouve plus ou moins explicitement dans de nombreuses théories. De Sanctis et Poole, dans leur Théorie Adaptative de la Structuration (De Sanctis & Poole, 1994) indiquent que l'appropriation est « le processus par lequel les individus incorporent les technologies avancées dans leurs pratiques de travail » (Azan & Beldi, 2010) et de Vaujany la définit comme « le processus adaptatif (individuel ou collectif) par lequel l'outil informatique est rendu propre à un usage ». Dourish (2003) et Janneck (2009) parlent du processus d'adoption et d'adaptation d'une technologie par les utilisateurs ou les groupes d'utilisateurs afin de l'intégrer dans leurs vies, pratiques et routines (de travail). Janneck (2009) précise aussi que l'appropriation est l'activité de recontextualisation de la technologie

après l'étape de décontextualisation qui correspond à la formalisation des besoins et au développement du dispositif technique. Très récemment, et dans un essai de couplage du concept d'appropriation avec une perspective individuelle et psychologique, Gaskin et Lyytinen (2012) mettent en avant l'action de « prendre possession » des technologies qui deviennent ainsi une part de l'identité des opérateurs ou de la façon dont ils travaillent<sup>86</sup>. Ils finissent par identifier l'appropriation comme « possession psychologique d'une technologie en choisissant l'utilisation ou non de certaines fonctionnalités et en prenant la responsabilité des manières d'utiliser cette technologie »<sup>87</sup>. Cette approche est aussi celle de Barcenilla et Bastien (2009) puisque ces chercheurs en psychologie et ergonomie présentent l'appropriation comme « la façon dont l'individu investit personnellement l'objet ou le système et dans quelle mesure celui-ci est en adéquation avec ses valeurs personnelles et culturelles, lui donnant envie d'agir sur ou avec celui-ci, et pas seulement de subir son usage. Le cas extrême de l'appropriation est celui où l'objet devient une composante de l'identité du sujet ». Enfin, Paquelin (2009), en Sciences de l'Éducation, parle de dynamique et indique que le processus d'appropriation est « une pratique active de production de sens par les usagers, c'est-à-dire de mise en relation d'éléments hétérogènes dans la perspective de la réalisation d'un but ».

### Encadré 33

#### Psychodynamique du travail

Dejours (2010), initiateur du concept de **psychodynamique du travail**, rejoint cette idée de dissonance entre le travail prescrit et le travail réel. Il indique « que tout travail implique une part de gestion du décalage entre l'organisation du travail réel, c'est-à-dire qu'il relève encore pour une part d'une dimension strictement humaine ». La psychodynamique du travail analyse les processus psychiques mis en œuvre par une personne pour faire face à la réalité du travail.

En définitive, que l'appropriation soit vue comme un processus psychologique de recherche de sens ou, plus prosaïquement, comme une manière propre d'utiliser une technologie, pour nombre d'auteurs, la flexibilité instrumentale est un des axiomes principaux

---

<sup>86</sup> « *Their use of the technology then becomes part of their identity, or the way they work* » (Gaskin & Lyytinen, 2012).

<sup>87</sup> « *Appropriation is the psychological ownership of technology - the choosing of which features to use and how to use them - effectively taking responsibility for the way a technology is used* » (Gaskin & Lyytinen, 2012).

dans la constitution d'une théorie de l'appropriation (de Vaujany & al., 2005; Grimand & al., 2006; Paquelin, 2009).

### **a. La flexibilité instrumentale comme axiome de l'appropriation**

Axiome ou condition consubstantielle à l'appropriation, le concept de flexibilité instrumentale exprime la relative flexibilité de l'outil technique quant à son usage réel. Grimand (2006) la définit comme le détournement d'usage de l'artefact plus ou moins important par rapport à l'usage prévu à l'origine car « aucun outil ne prédétermine l'usage qui peut en être fait, bien que sa matérialité borne le champ des possibles ». Cette notion, appelée aussi « geste de création » par Proulx (1988), est indispensable au processus même d'appropriation car, sans elle, les utilisateurs ne peuvent pas modeler leurs outils pour les mettre réellement en adéquation avec leurs tâches quotidiennes. Cette instrumentalisation des technologies est en constante évolution, notamment à cause des mutations doctrinales de l'organisation. Cependant, ces usages émergents peuvent se placer sur un continuum allant de la notion de déplacement d'Akrich (1998; 1993) qui consiste « en une modification du spectre des usages prévus d'un dispositif sans modifier la finalité de l'objet » au concept plus radical qui rentre dans la définition de la notion de détournement<sup>88</sup> (Akrich, 1998) où le but de l'objet pour lequel il a été conçu se trouve complètement changé. Le terme de catachrèse<sup>89</sup> est, dans ce cas-là, parfois utilisé.

Cardon (2005) précise aussi qu'il faut faire confiance « à la sagacité » des usagers avancés qui sauront mieux que quiconque faire émerger les fonctionnalités les plus pertinentes à l'utilisation des technologies. On retrouve ici la notion « d'innovateurs d'usage » d'Iribane et Tchobanian (2001). Cette idée est reprise par Azan et Beldi (2009) et Boudreau et Robey (2005) lorsqu'ils parlent de réinvention d'une TI : « la réinvention est définie par le degré selon lequel une invention est modifiée par ses utilisateurs après son développement initial. Dans le champ des TI, elle est définie comme un usage émergent au cours duquel les

---

<sup>88</sup> « Nous distinguerons quatre formes d'intervention des utilisateurs sur des dispositifs déjà constitués, que l'on peut approximativement décliner selon deux axes principaux, celui de l'objet lui-même et celui de ses usages prescrits : le déplacement, l'adaptation, l'extension, le détournement » (Akrich, 1998)

<sup>89</sup> « Utilisation d'un outil à la place d'un autre ou utilisation d'outils pour des usages pour lesquels ils ne sont pas conçus » (Béguin & Rabardel, 2000).

utilisateurs compensent leur utilisation limitée de la technologie et les faiblesses perçues du système par des contournements et des adaptations ». Les utilisateurs peuvent donc basculer d'un modèle d'appropriation centré « tâche » (de Vaujany, 1999) à un modèle plutôt centré « outil ludique » où le dispositif technique ne devient qu'un gadget utilisé pour le plaisir de la découverte et par quelques passionnés. D'autres auteurs mettent en avant le processus de co-construction de la technologie afin de faciliter son appropriation. C'est notamment le cas de Collombo (1975) : « Une technologie appropriée est une technologie évolutive, en perpétuel changement, en état d'adaptation permanente à un milieu changeant et à des besoins changeants. C'est une technologie participative issue d'un processus de co-créativité entre les différents auteurs ». Ce processus actif est une « genèse instrumentale » : « l'approche instrumentale repose sur la distinction entre artefact et instrument. Selon cette approche, un objet créé par l'homme demeure un artefact tant qu'il n'a pas été assimilé par l'acteur qui va s'en servir. Il devient alors un instrument, au sens où il est incorporé à l'organisation de l'action du sujet. La transformation d'un artefact en instrument se fait par un processus de genèse instrumentale » (Rabardel, 1995). Cette notion de flexibilité instrumentale aborde néanmoins le détournement de l'objet technique comme généralement positif. Salovarra (2007), par exemple, présente les usages imprévus comme des indicateurs positifs d'une conception réussie<sup>90</sup>.

Il faut se diriger vers les sciences de l'éducation pour trouver une approche moins idéalisée. Rabardel (1995) parle par exemple de la dangerosité de certains détournements et explique qu'ils « peuvent poser problème, par exemple en créant des situations dangereuses compte tenu de la distorsion des usages par rapport à la rationalité propre du processus technique ». Faverge (1970) exprime la même idée lorsqu'il établit la liaison entre les usages catachrétiques des artefacts avec les notions d'infiabilité, voire de causes d'accidents. Les situations dangereuses dues au détournement d'artefacts apparaissent aussi dans la documentation aéronautique sur les Facteurs Humains et plus généralement la sécurité des vols (Amalberti, 1991).

Toutefois, la notion de flexibilité instrumentale reste relativement cloisonnée aux détournements ou contournements d'ordre technique. D'autres auteurs ont développé une

---

<sup>90</sup> « *Supporting appropriation encourages innovative and unexpected uses, both of which are usually positive indicators of good design* ».

seconde approche plus managériale. Nous verrons en effet que la technologie va aussi induire des modifications de comportements. Daniellou, par exemple, parle de flexibilité synchronique lorsqu'il étudie les activités futures : « L'enjeu de l'approche de l'activité future n'est pas de prévoir en détail l'activité qui se déroulera dans l'avenir, mais de prévoir l'espace des formes possibles d'activité future » (Daniellou, 2004). On retrouve cette idée chez Béguin et Cerf (2004) qui expliquent que l'imprédictibilité de l'appropriation doit obliger les concepteurs à laisser des espaces de création qu'ils nomment flexibilité diachronique (le système évolue dans le temps après le processus de conception) et flexibilité synchronique (concevoir des systèmes de travail qui laissent des « marges de manœuvre » aux opérateurs à un moment donné). Selon Alter, les innovations sont des processus créateurs collectifs qui se situent dans l'étape de l'appropriation de son cycle Incitation (ou invention) > Appropriation (ou Innovation) > Institutionnalisation (apprentissage collectif et « remise en ordre »). À ce stade, les processus créateurs ont plusieurs caractéristiques principales. Tout d'abord, ils correspondent au passage de l'invention à l'innovation, c'est-à-dire lorsqu'une idée innovante arrive « à se transformer parce que les acteurs parviennent à lui trouver un sens : ils découvrent des usages qui leur semblent être localement efficaces et légitimes ». Ensuite, les processus créateurs sont déviants et établissent parfois des inversions de normes. Cette transgression peut être risquée pour les personnes car elles peuvent subir des sanctions. On retrouve ici l'idée de Pavé (1989) qui parle de la transgression des réglementations afin de les adapter aux besoins pratiques des utilisateurs de systèmes informatiques ou celle de Dejours (2010) lorsqu'il aborde la notion de ruse (voire de tricherie). Corollairement, cette caractéristique se heurte à l'ordre établi et donc à ses représentants.

Enfin, pour Charue-Duboc et Al. (2011) ces innovations ne sont pas exceptionnelles et résultent simplement d'actions quotidiennes communes : « on remarque donc de nouveaux usages du dispositif qui correspondent à des besoins différents, ou qui sont des variations autour de l'usage normal du dispositif » ou encore « les déviations se traduisent, en premier lieu, par des improvisations dans le cadre de l'usage normal ».

Au terme de cette revue de littérature académique sur l'appropriation, nous en proposons la définition synthétique suivante : **l'appropriation est le processus contextuel émergent, complexe, contingent et adaptatif par lequel la technologie fait sens pour les utilisateurs et est réellement mise en pratique au sein de l'organisation par ces mêmes utilisateurs pour réaliser les missions et tâches qui leur sont assignées.**

### **b. De la flexibilité instrumentale au « bricolage »**

La flexibilité instrumentale peut finalement s'aborder d'une manière linéaire : d'une simple opportunité donnée par une technologie un peu « malléable » à des usages beaucoup plus innovants et généralisés de dispositifs techniques complètement détournés. Pourtant, l'attention reste portée sur **LE** dispositif technique en cours d'appropriation. Cette approche est selon nous insuffisante et nous jugeons indispensable de regarder la situation de gestion<sup>91</sup> dans son ensemble et pas seulement ledit objet technique. Ciborra, dans son article de 1992 à propos des Systèmes d'Information Stratégiques, parle en ce sens des bricolages, résultats de la convergence du terme anglais « tinkering<sup>92</sup> » avec la sérendipité, c'est-à-dire la découverte inattendue. L'utilisation du terme « bricolage » provient de Lévi-Strauss dans son livre « La pensée Sauvage ». L'auteur dit, en parlant des mythes, que « le propre de la pensée mythique est de s'exprimer à l'aide d'un répertoire dont la composition est hétéroclite », puis de continuer par ces « créations se ramènent toujours à un arrangement nouveau d'éléments dont la nature n'est pas modifiée selon qu'ils figurent dans l'ensemble instrumental ou dans l'agencement final » (Lévi-Strauss, 1962).

Selon Ciborra, les bricolages doivent être considérés comme des innovations locales différenciatrices (par rapport notamment aux concurrents équipés des mêmes dispositifs) portées par les utilisateurs finaux (*end-users*) et compensent généralement un manque des produits conçus d'une manière « *top-down* ». Il définit ce concept de bricolage dans un texte plus récent (2002) comme :

---

<sup>91</sup> Au sens de Girin (1990) : « une situation de gestion se présente lorsque des participants sont réunis et doivent accomplir, dans un temps déterminé, une action collective conduisant à un résultat soumis à un jugement externe ».

<sup>92</sup> Pour une explication détaillée sur le choix du terme français « bricolage » à la place de sa traduction anglaise « *tinkering* », nous vous conseillons de lire l'article de Verjans (2005).

**« La recombinaison de ressources à portée de main. Ces dernières deviennent des outils qui se construisent *in situ* afin de résoudre les problèmes rencontrés. Avec le bricolage, les pratiques et les situations créent de nouvelles utilisations et applications de la technologie et les choses »<sup>93</sup>. Ce chercheur a donc une vision plus large et englobe la notion de flexibilité instrumentale.**

De Vaujany (2009b) reprend le concept de bricolage de Ciborra et le définit comme un « ensemble de pratiques basé sur du matériel de seconde main mobilisé afin de construire une structure ou un artefact lorsque rien de plus approprié n'est à la disposition des acteurs ».

Ces définitions sont très proches de la signification qu'en donne Weick (1996; 2001) : « bricoler veut dire utiliser tous les répertoires et ressources mis à notre disposition et ce, quelle que soit la tâche à accomplir. Évidemment ces ressources se prêtent plus ou moins bien à un projet précis, mais elles valent ce qu'elles valent. [...] La particularité du bricoleur est qu'il s'accommode de n'importe quel outil ou matériau lui tombant sous la main »<sup>94</sup>. Harper (1987) se positionne aussi dans cette logique : « plusieurs modifications et conceptions de machines, d'outils, et d'habitations que Willie [personnage de l'article, N.D.A] utilise lui-même. Le précepte du bricoleur est de travailler en apportant lui-même ses propres solutions matérielles, avec sa propre réserve de matériaux disponibles, qui, elle-même, fut élargie par l'échange »<sup>95</sup>.

---

<sup>93</sup> « *Bricolage means tinkering through the combination of resources at hand. These resources become the tools and they define in situ the heuristic to solve the problem. 'Let the world help you': bricolage is about leveraging the world as defined by the situation. With bricolage, the practices and the situations disclose new uses and applications of the technology and the things* » (Ciborra, 2002).

<sup>94</sup> « *Bricolage means to use whatever resources and repertoire one has to perform whatever task on faces. Invariability the resources are less well suited to the exact project than one would prefer, but they are all there is. [...] The defining characteristic of a bricoleur is that this person makes do with whatever tools and materials are at hand* ».

<sup>95</sup> « *Several modifications and designs of machines, tools, and dwellings that Willie uses himself. This is in the spirit of the bricoleur, for the primitive mind worked his own material solutions as his stock of available materials was enlarged through trade* ».

Kœnig, en empruntant aussi ce terme de bricolage, revient toutefois sur son seul aspect technique : « en détournant l'objet de son système de référence et sa finalité, en transformant un assemblage d'éléments pour le doter de propriétés et finalités nouvelles » (Vidaillet, et al., 2003; Koenig, 2004). On retrouve aussi cette vision technique chez Cardon (2005) lorsque l'auteur parle de l'innovation ascendante comme des adaptations, astuces ingénieuses, bricolages « *low-tech* » et autres assemblages. Dans un contexte militaire, Barbaroux et Godé-Sanchez (2011) définissent ces bricolages comme des « capacités des individus à articuler les usages pour produire des réponses technologiques adaptées à leurs besoins. Ces usages combinés émanent des pratiques situées des acteurs ». Enfin, Baker et Nelson (2005) proposent une définition intégrative du concept de bricolage en listant ses trois caractéristiques : « *we developed an integrative definition of bricolage as making do by applying combinations of the resources at hand to new problems and opportunities* »

- « ***making do*** » : cette notion fait référence à la ruse, à la débrouillardise et à l'esprit d'initiative. Dans certains cas, elle peut aller jusqu'à s'opposer au développement planifié d'un dispositif qui pourrait rendre le même service ;

- « ***the resources at hand*** » : les auteurs font ici référence aux ressources fournies par l'organisation, mais aussi à celles facilement accessibles par les individus comme les logiciels de type *freeware*. Johri (2011), en citant Baker et Nelson, précise que les « bricoleurs » vont chercher à étendre au maximum les possibilités des ressources qu'ils ont à leur disposition ;

- « ***combination of resources for new purposes*** » : l'idée de cette troisième caractéristique est la combinaison et l'utilisation de ressources pour des usages qui n'étaient pas prévus à l'origine.

### 7.1.2. *L'appropriation dans la littérature professionnelle*

#### **a. L'appropriation militaire vue comme un ordre**

Le terme d'appropriation semble être apparu pour la première fois dans les documents institutionnels militaires en 2010 lors de la diffusion d'un vidéoclip destiné au grand public.

**Malheureusement, l'usage de ce terme est totalement en opposition avec la vision académique puisque le journaliste militaire indique que « les opérateurs ont le devoir de s'approprier les systèmes, même si leurs utilisations sont parfois contraignantes »...**

On retrouve encore dans la revue professionnelle *Terre Information Magazine* de février 2012 l'idée que les instructions (au sens de la formation professionnelle) à l'utilisation des technologies comme le FÉLIN est synonyme d'appropriation : « durant trois semaines, le 35<sup>ème</sup> régiment d'infanterie (35°RI) a réalisé au camp de la Courtine l'appropriation tactique du FÉLIN, perçu en septembre dernier » (Lheritier & Gesquiere, 2012). Plus récemment, et concernant toujours ce même régiment, on peut lire dans la revue *Héraclès* qu'il « faut compter six mois sanctuarisés de transformation pour convertir une compagnie d'infanterie en compagnie FÉLIN » et qu'il existe quatre domaines d'appropriation : intellectuelle, technique, tactique et physique » (Bury, 2012). Enfin, le terme d'appropriation qui apparaît sur le plan de communication NEB 2011 indique que « la NEB optimise réellement le combat des régiments équipés [...] malgré la persistance de certaines difficultés connues d'appropriation et de mise en œuvre » (État-Major de l'Armée de Terre, 2010). Ces phrases démontrent que nous nous situons encore dans les étapes précédentes de l'acceptation, de l'assimilation ou de l'appropriation fonctionnelle (Bobiller-Chaumon & Dubois, 2009) car c'est justement la mise en œuvre qui permet ensuite de qualifier le concept d'appropriation. Sur le même thème, on peut lire aussi qu'il y a des différences de « niveaux d'appropriation » entre les utilisateurs ou qu'il existe des « cycles d'appropriation » dans la préparation des opérateurs. Dans ce cas, l'appropriation fait référence explicitement au niveau de maîtrise des outils et au processus d'apprentissage préalable à une quelconque appropriation, au sens académique du terme.

### **b. Une dimension sociale pourtant naissante**

Toutefois, les blocages actuels concernant l'utilisation des dispositifs techniques de la NEB commencent à faire évoluer les mentalités, notamment en termes de formation via la montée en puissance des EIC NEB SIMU et afin de viser la synergie entre la numérisation et la simulation : « Pour pallier ces difficultés, la brigade a donc peu à peu développé des outils afin de poursuivre l'apprentissage et l'appropriation de la NEB » (Brusco, 2011). Des décideurs militaires auraient donc pris acte des problématiques réelles d'appropriation et certains n'hésitent pas à s'opposer aux dogmes rationnels des débuts de la NEB en espérant « passer d'une vision technicienne de l'outil à une vision d'emploi » (Vende, 2011). Les

schémas directeurs les plus récents (fin 2011) cherchent maintenant à identifier des moyens pour faciliter l'appropriation et la familiarisation des dispositifs techniques par les usagers. Cependant, les concepts avancés s'intéressent plutôt aux processus amont qu'il serait possible de rationaliser et de maîtriser comme la détermination des variables d'assimilation et la mise en place de formations : « La NEB entre désormais dans une phase de normalisation. Malgré des imperfections techniques des systèmes en service et les difficultés d'appropriation pour lesquelles l'armée de Terre a engagé des efforts particuliers, celle-ci doit se concrétiser dans les Forces terrestres par la généralisation de l'emploi des moyens numérisés dans toutes les actions de formation, d'instruction collective » (Chef d'État-Major de l'Armée de Terre , 2011).

## Section 7.2

### Trois perspectives théoriques pour lier les bricolages au SI

Dans cette section, nous appliquons au Système d'Information une synthèse des deux grilles de lecture d'Orlikowski (2007; 2009) destinée à rendre compte des approches possibles de la technologie dans la littérature académique en management.

Tableau 11. Les approches de la technologie selon Orlikowski.

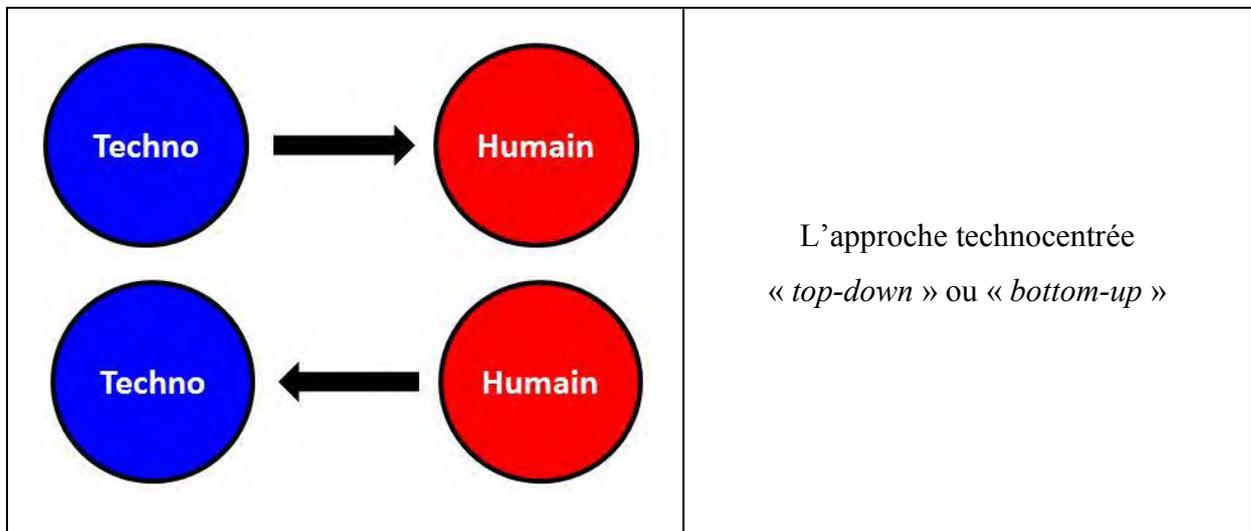
| Grille de lecture de 2007                   | Grille de lecture de 2009                         | Grille de lecture pour notre recherche            |
|---|---|---|
| Sociomatérielle<br>( <i>Sociomaterial</i> ) | Sociomatérielle<br>( <i>Sociomaterial</i> )       | Sociomatérielle<br>( <i>Sociomaterial</i> )       |
| Humain-centrée<br>( <i>Human-Centered</i> ) | Processus émergent<br>( <i>Emergent Process</i> ) | Processus émergent<br>( <i>Emergent Process</i> ) |
| Technocentrée<br>( <i>Techno-centric</i> )  | Force exogène<br>( <i>Exogenous Force</i> )       | Technocentrée<br>( <i>Techno-centric</i> )        |
| ∅   | Présence absente<br>( <i>Absent presence</i> )    | ∅   |

Nous n'avons pas souhaité étudier le niveau « présence absente » car l'usage des dispositifs de la NEB est (ou sera à très brève échéance) rendu obligatoire. Notre choix s'est ensuite porté sur le terme « technocentrée » plutôt que sur l'expression « force exogène » afin d'attirer l'attention des lecteurs sur la primauté actuelle de la vision technologique du NCW et de la NEB. Enfin, la formule « processus émergent » a eu notre préférence par rapport à « humain-centrée » car nous montrons que les Hommes ne sont pas oubliés dans l'approche technocentrée, notamment via la notion de satisfaction.

### **7.2.1. La vision technocentrée**

L'approche technocentrée se focalise sur la dimension technologique du Système d'Information. Que le cycle débute par une modalité « *top-down* » ou « *bottom-up* », l'idée est toujours proche de celle du déterminisme technologique qui place la technologie comme entité indépendante de l'Homme et des organisations qui l'adoptent (Orlikowski, 2009). L'objet technique structure (d'une manière prévisible ou contingente) la société qui la reçoit et il modifie les comportements humains comme l'indique par exemple Thomas Hughes (Amalberti, 2001). Dans ce courant de pensée mécaniste, les Systèmes d'Information sont souvent synonymes de Systèmes Informatiques. Le rapport d'expérimentation de la NEB en République de Côte d'Ivoire (Centre de Doctrine d'Emploi des Forces, 2007b) évoque par exemple l'ergonomie ou la convivialité des Systèmes d'Information. La grande majorité des supports médiatiques militaires présentant la NEB mettent en avant les capacités décuplées des systèmes d'armes grâce à cet intranet du champ de bataille. En d'autres termes, l'apport des Technologies de l'Information (TI) entraîneraient automatiquement une amélioration de l'efficacité des combattants, c'est l'effet « *magic bullet* » (Carugati, et al., 2010; Markus & Benjamin, 1997).

**Tableau 12. L'approche technocentrée.**



### **7.2.2. La vision émergente**

La vision émergente remet en question l'autonomie de la technologie et soutient que sa construction provient de l'interaction permanente entre l'activité humaine et le contexte (historique, social, institutionnel, etc.) dans lequel elle se déroule. Nous avons décidé de

traiter cette vision de la technologie par l'approche sociotechnique, premier courant majeur de la vision émergente selon Orlikowski.

Selon l'école sociotechnique initiée par une équipe pluridisciplinaire du Tavistock Institute de Londres, l'organisation est un système ouvert composé d'un système technique et d'un système social fortement interdépendants (Ben Aissa, 2005; Clegg, 2000; Bostrom & Heinen, 1977a). Son efficacité dépend de « l'optimisation conjointe des dimensions technique et sociale » (Plane, 2012) et des « relations entre les deux sous-systèmes » (Ben Aissa, 2005).

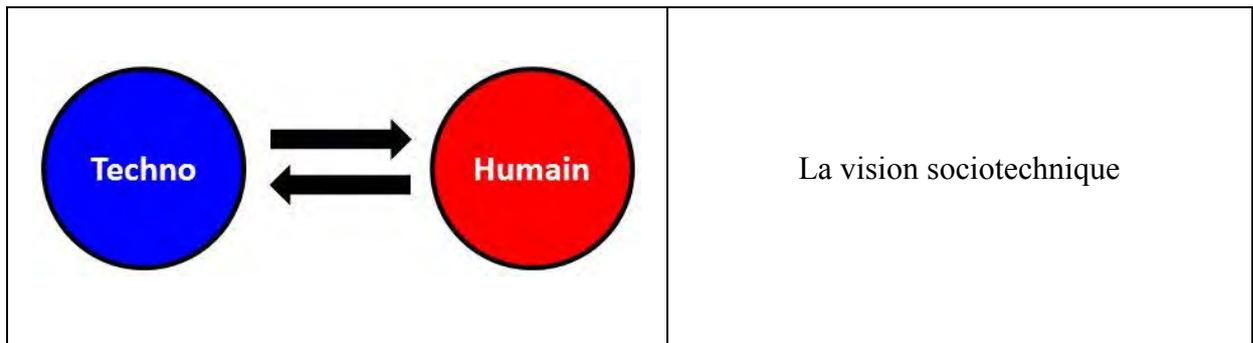
L'organisation dépend d'une dimension sociale et d'une dimension technique ou, plus précisément, des interactions et des influences réciproques entre ces deux « composants » (Coakes, 2002; Rojot, 2005; Du Plooy, 2003). Bien que de nombreuses extensions de ce courant, notamment européennes, coexistent, il faut dans notre contexte l'appréhender comme une schématisation pédagogique qui se détache de la technologie pure : il n'y a pas de déterminisme absolu de la technologie vers le social ou réciproquement. L'organisation s'approprie la technologie « et construit autour d'elle des solutions techno-organisationnelles » (Livian, 2008).

De nombreux chercheurs en SI envisagent le SI dans une perspective sociotechnique. Par exemple, Lee (2004) définit le SI comme un système qui « n'est pas qu'un ensemble de Technologies de l'Information mais un système qui émerge des interactions mutuelles transformatives entre les Technologies de l'Information et l'organisation »<sup>96</sup>. Plus récemment, Laudon et al. (2010) indiquent que l'approche sociotechnique est une « approche des systèmes d'information basée à la fois sur les approches techniques et les approches comportementales ». C'est en ce sens que nous souhaitons parler de vision sociotechnique du SI et lier celle-ci au concept d'appropriation. Nous ne traitons donc pas des principes fondateurs de ce courant qui aspiraient à remettre en question les organisations scientifiques du travail du début du 20<sup>ème</sup> siècle.

---

<sup>96</sup> « *An information system is not the information technology alone, but the system that emerges from the mutually transformational interactions between the information technology and the organization* ». Pour l'auteur, l'organisation intègre le système social et le système de connaissances. Ce dernier sera par la suite promu comme une dimension à part entière afin de montrer son importance au sein du SI.

**Tableau 13. L'approche sociotechnique.**



### **7.2.3. La vision sociomatérielle**

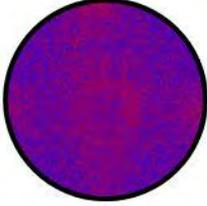
L'approche sociomatérielle (Orlikowski, 2007; Orlikowski & Scott, 2008; Orlikowski, 2009; Wagner, et al., 2011; Johri, 2011) souhaite dépasser les deux perspectives que nous avons abordées précédemment, la monocausalité (la technologie comme force exogène) et les systèmes sociotechniques<sup>97</sup>. En effet, en privilégiant soit le côté matériel soit le côté social, soit leurs interactions, nous perdons de vue leurs « enchevêtrements » réciproques (Orlikowski, 2005; Pickering, 1995). Johri parle justement de « bricolages sociomatériels » comme des pratiques émergentes d'un ensemble d'artefacts disponibles dans l'organisation et de comportements sociaux comme la motivation au travail et le besoin de maintenir un haut niveau professionnel. Pour d'autres auteurs cette perspective autorise l'intégration d'une démarche historique allant de la conception des technologies à leurs usages (Suchman, 2007; Leonardi & Barley, 2008). Outre cette volonté de ne pas distinguer les deux dimensions classiques d'un système sociotechnique, la sociomatérialité remplace les caractéristiques matérielles de la technologie au centre de la réflexion. Néanmoins, il faut exclure tout déterminisme. Les tenants de la sociomatérialité indiquent, par exemple, que l'implémentation de nouvelles technologies n'a rien d'une démarche linéaire préétablie. Au contraire, le contexte et l'interprétation de la technologie donnent des résultats locaux faits d'adaptations et de comportements émergents, ce qui peut amener paradoxalement certains chercheurs à rejeter la technologie en arrière-plan. C'est justement ce choix que le concept de

---

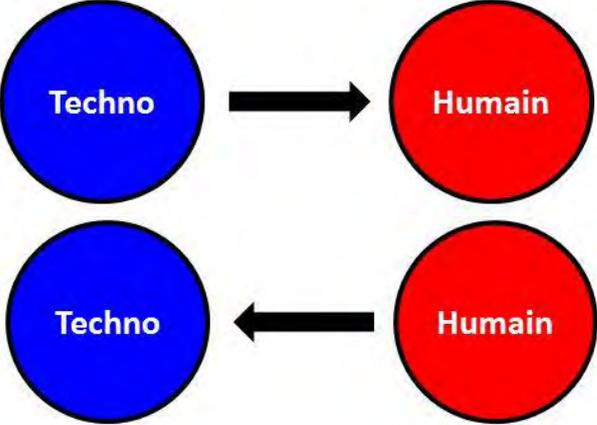
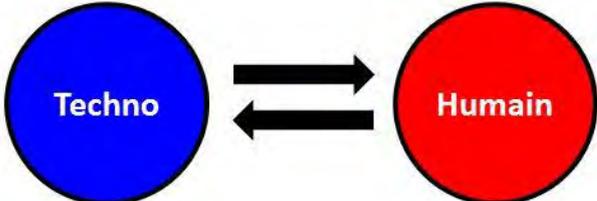
<sup>97</sup> Les approches sociotechnique et sociomatérielle sont, pour certains auteurs, très proches, voire synonymes, dans leurs définitions. Le terme « d'enchevêtrement » se retrouve par exemple dans la « pensée sociotechnique » de Coakes (2003) « *socio-technical thinking is holistic in its essence, it is not the dichotomy implied by the name; it is an intertwining of human, organisational, technical and other facts* ».

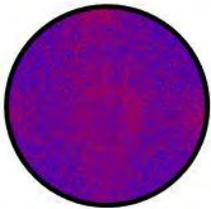
sociomatérialité récuse : il n'y a ni déterminisme technologique ni antinomie entre la prise en compte de la matérialité et la posture interprétativiste ou constructiviste. Orlikowski (2005) et Carugati et al. (2010) proposent par exemple la métaphore des échafaudages (*scaffolds* dans le texte) afin d'exprimer la présence tangible des Technologies de l'Information dans les activités humaines et leurs rôles sur les résultats émergents. Pour l'auteur, ces échafaudages sont temporaires, flexibles, portables, divers, hétérogènes, émergents, dangereux et générateurs.

**Tableau 14. L'approche sociomatérielle.**

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
|  | <p>La vision sociomatérielle</p> |
|---|----------------------------------|

**Tableau 15. Synthèse des trois approches de la technologie.**

|   |  |
|---|--|
|  | <p>La vision technocentrée<br/>« top-down » ou « bottom-up »</p> |
|  | <p>La vision sociotechnique</p>                                  |

|   |                           |
|---|---------------------------|
|  | La vision sociomatérielle |
|---|---------------------------|

#### Encadré 34

##### Deux notions intermédiaires : la techno-symbiose et l'ethnotechnologie

Cet encadré expose deux notions se situant entre le concept sociotechnique et le concept sociomatériel.

Selon Brangier et al. (2009), la **techno-symbiose**, en ergonomie, est « une relation durable, structurante et bénéfique entre un humain et un artefact et dont chaque élément tire, directement ou indirectement, des moyens pour se développer ». Cette approche est-elle pertinente pour notre étude ? Est-elle suffisante pour dépasser le cadre sociotechnique ? À notre avis non car, même si la techno-symbiose souhaite réfléchir sur l'interdépendance et l'influence mutuelles de la technologie et de l'humain, elle reste dans une logique centrée sur la coopération au sein de ce couple (Licklider, 1960) et les bricolages sont encore appréhendés comme des innovations à l'usage liées au processus d'appropriation : la technologie est considérée comme une « prothèse cognitive » (Amalberti, 2001) et le couple pourrait coopérer dans les décisions relatives aux situations complexes. L'objectif est donc d'augmenter les capacités humaines en concevant des « symbiotes » qui « aideront l'opérateur dans sa tâche, parfois à son insu » (Brangier, et al., 2009) au moyen de 8 critères ergonomiques : amplification de l'intelligence, augmentation perceptive, accélération opératoire, management des connaissances en contexte, équilibrage émotionnel, résilience dans la gestion des erreurs, réduction des éléments distracteurs et continuité du flux informationnel. Toutefois les auteurs ont bien compris la nécessité de déplacer leur point de vue et indiquent par exemple que l'étude de cette relation symbiotique doit aussi passer par des approches de fond, notamment éthiques, pour que les « technologies soient des vecteurs de développement des individualités, en harmonie avec le collectif ».

Le cas de l'**ethnotechnologie** est plus difficile à positionner. Son modèle semble toujours traduire la dualité entre les dimensions technique et sociale mais sa définition et sa vision défailante de la gouvernance actuelle tendent vers la logique sociomatérielle. En effet, pour Gaudin (2010), l'ethnotechnologie rejette l'idée de déterminisme technologique mais postule une coproduction constante de la technique et de la société. L'auteur continue en précisant que « l'idée très répandue selon laquelle la société subirait l'évolution technique sans pouvoir l'infléchir nous paraît totalement infondée. [...] Il semble que la nature profonde du système technique influence non seulement les mœurs, mais aussi les croyances et postures philosophiques de l'époque ».

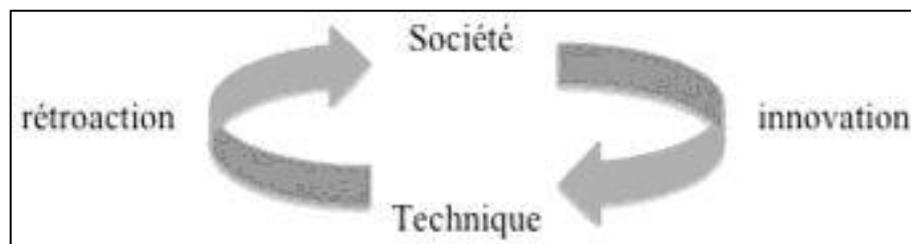


Figure 38. Schéma résumant l'approche ethnotechnologique.

**Encadré 35**

**Synthèse du chapitre 7**

Au terme de cette revue de littérature académique sur l'appropriation, nous en proposons la définition synthétique suivante : **l'appropriation est le processus contextuel émergent, complexe, contingent et adaptatif par lequel la technologie fait sens pour les utilisateurs et est réellement mise en pratique au sein de l'organisation par ces mêmes utilisateurs pour réaliser les missions et tâches qui leur sont assignées.**

Ciborra définit le bricolage comme « la recombinaison de ressources à portée de main. Ces dernières deviennent des outils qui se construisent *in situ* afin de résoudre les problèmes rencontrés. Avec le bricolage, les pratiques et les situations créent de nouvelles utilisations et applications de la technologie et les choses ». Ce chercheur a donc une vision plus large et englobe la notion de flexibilité instrumentale.

**Malheureusement, l'usage du terme « appropriation » est totalement en opposition avec la vision académique puisque le journaliste militaire indique que « les opérateurs ont le devoir de s'approprier les systèmes, même si leurs utilisations sont parfois contraignantes »...**

Dans cette section, nous appliquons au Système d'Information une synthèse des deux grilles de lecture d'Orlikowski (2007; 2009) destinée à rendre compte des approches possibles de la technologie dans la littérature académique en management.

# **Chapitre 8**

## **Résultats de la recherche**

## **Chapitre 8**

### **Résultats de la recherche**

La première section de ce chapitre analyse quatre bricolages issus de situations réelles selon les trois approches théoriques du chapitre précédent. Les résultats de notre recherche sont ensuite présentés. La seconde section traite d'une nouvelle méthodologie de RETEX permettant de mettre en évidence les bricolages, le RETEX Accompagné ou RETEXA.

## Section 8.1

### Intégrer l'invisible

#### 8.1.1. Analyse de bricolages réels

Dans un objectif pédagogique, nous avons décidé de classer les bricolages issus du terrain selon la typologie gestionnaire des usages-types de Martineau (2012).

#### Encadré 36

##### Typologies d'usages-types

Plusieurs typologies du même genre sont présentes dans la littérature. Azan et Beldi (2009), en mobilisant la théorie de l'action humaine d'Emirbayer et Mische, parlent notamment d'inertie, d'improvisation (entendu comme bricolage) et de réinvention. En Sciences de l'Information et de la Communication, Paquelin (2009) réalise une synthèse des relations que l'utilisateur établit avec le dispositif dans une situation spatio-temporelle donnée : le statu quo, l'adaptation à la situation, la transformation intrinsèque (le sujet) et/ou extrinsèque (les autres, les choses). Dans le cadre des Systèmes d'Information, Reix et al. (2011) proposent l'abstention, l'utilisation minimale et l'utilisation intensive et innovante des ressources offertes. Plus récemment, Martineau (2012) détaille une typologie gestionnaire d'usages-types adaptée de Akrich (1998; 2006) : l'application (respect du schème d'interprétation et de l'artefact), le déplacement (non-respect du schème d'interprétation mais respect de l'artefact), l'adaptation (respect du schème d'interprétation mais non-respect de l'artefact) et le rejet (ou le détournement ou le non-usage). C'est cette typologie que nous avons choisie afin de classer les quatre bricolages.

#### **a. Apparition de dispositifs non officiels**

- **Phase d'observation**

Ce bricolage a été observé d'une manière récurrente et généralisé en France comme à l'étranger depuis 2008. Selon les termes de Salisbury et al. (2002; 1994), le consensus

d'appropriation<sup>98</sup> semble donc très élevé. Les équipages utilisent des logiciels et matériels non officiels (figure 39) pour compenser l'absence d'une fonctionnalité de navigation et l'impossibilité d'échanger des données entre le MPME et le récepteur ALAT GPSMAP 96.

Comme nous l'avons vu dans la 2<sup>ème</sup> partie, le MPME est affecté au chargement des données de Préparation de Mission dans le SITALAT, EUROGRID et EURONAV. Toutefois, il ne permet pas d'exporter les données de navigation et mission dans le récepteur GPS portable officiel de l'ALAT (le Garmin GPSMAP 96). Pourtant, cet appareil est actuellement le seul équipant l'ensemble des équipages, notamment à cause d'une dyschronie dans les programmes d'armement (le SITALAT devait à l'origine arriver en même temps que le MPME). Localement, des pilotes et des informaticiens ont donc développé une application qui contourne cette première limitation : l'exportation se fait tout d'abord dans le format d'un autre récepteur (EURONAV III). Ces données sont ensuite converties grâce au logiciel DBF2GPX<sup>99</sup> afin d'être intégrées dans n'importe quel logiciel et récepteur acceptant les données GPX (format standard et universel GPS). Les équipages ne disposant pas de SIOC embarqué peuvent ainsi exporter les données préparées sur le MPME dans leurs récepteurs GPSMAP 96. On assiste également à un doublement des dispositifs en vol : les équipages chargent leur GPSMAP 96 en plus de leur système embarqué afin de s'en servir comme moyen de navigation de sauvegarde.

Une fonction couramment utilisée dans d'anciennes applications informatiques et disponible dans le GPSMAP 96 a aussi disparu. Elle permettait la création de « ficelle de navigation<sup>100</sup> », objet graphique beaucoup plus précis que les plans de vol classiques. Afin de continuer à profiter de cette fonctionnalité, les équipages utilisent des logiciels civils qui permettent de créer ces objets navigables et de les exporter dans les récepteurs GPSMAP 96.

---

<sup>98</sup> « *The extent to which group members are able to reach agreement on how to apply an advanced information technology to their work* » (Salisbury, et al., 2002).

<sup>99</sup> Application réalisée par nos soins en langage Python puis en C++ avec l'aide d'un informaticien de la Marine nationale, M. Éric Boumendil.

<sup>100</sup> La « ficelle de navigation » est un simple objet graphique linéaire qui ne possède pas d'informations de navigation mais qui est généralement plus précise qu'un plan de vol (route) classique composé de branches rectilignes limitées.

Toutefois, ces deux bricolages entraînent aussi un effet pervers : les pilotes achètent des dispositifs plus performants que les récepteurs officiels et l'on assiste à une multiplication des systèmes. C'est l'effet « *Bring Your Own Device* » ou BYOD très à la mode dans la littérature professionnelle actuelle et pressenti notamment dès 2006 par Isaac & al. (2006). Une « informatique fantôme » se met donc en place, ou pire, une sorte de « crypto-religion », c'est-à-dire des pratiques secrètes et camouflées dans d'autres pratiques normées et autorisées.



Figure 39. Usage d'outils non officiels (reconstitution).

- Phase d'analyse

- Analyse technocentrée du bricolage

La multiplication des dispositifs civils entraîne une augmentation du risque d'erreur car ils ne possèdent pas la fréquence P/Y du GPS, c'est-à-dire cryptée. Il faut, soit intégrer les fonctionnalités de navigation dans le système de PM officiel afin de satisfaire les opérateurs, soit interdire l'utilisation de ces matériels non répertoriés. Le bricolage est un usage déviant circonscriptible et aisément rectifiable.

Le choix s'est finalement porté sur les deux solutions. Les fonctionnalités ont été implémentées dans le MPME mais ne fonctionnent que pour le GPSMAP 96. Les autres dispositifs ont été soumis à une interdiction formelle des plus hautes instances hiérarchiques.

▪ Analyse sociotechnique du bricolage

L'utilisation généralisée des dispositifs civils montre une certaine maturité et aisance des équipages concernant les moyens numériques de géolocalisation. Empêcher cette tendance sera très difficile. Le suivi de ces bricolages serait préférable à une interdiction. Les formateurs doivent intégrer ces pratiques dans les formations professionnelles et expliquer les risques aux pilotes pour qu'ils connaissent les limites de leurs appareils. De plus, le MPME doit intégrer ces fonctionnalités afin de les sécuriser au maximum. Le bricolage est toujours identifiable au sein même du SI et les modifications restent cloisonnées au couple technologie / social.

Les évolutions se sont portées principalement sur les formations professionnelles puisque les changements technologiques et l'interdiction formelle d'usage avaient déjà été réalisés quelques mois plus tôt.

▪ Analyse sociomatérielle du bricolage

L'usage de dispositifs civils met en exergue une tension historico-culturelle entre l'implémentation d'une technologie relativement simple et couramment utilisée par les pilotes dans le milieu civil et les enseignements inculqués à la BEGL concernant la navigation à vue et le positionnement cartographique papier. On accède donc ici à une problématique beaucoup plus profonde touchant au cœur même du métier de pilote. Le bricolage n'est plus une entité propre mais une conséquence observable d'un « conflit » important entre deux aspects majeurs du métier de pilote d'hélicoptère. Les approches technocentrée et sociotechnique ne peuvent pas permettre une telle analyse car elles se focalisent sur le bricolage en tant que tel, qu'il soit déterminé par une cause objective ou émergeant d'interactions entre les mondes technologique et social.

Des réflexions ont été entamées en début 2012 sur une éventuelle réorientation majeure des compétences à acquérir.

**b. Hybridation de pratiques anciennes avec le MPME**

• Phase d'observation

Ce bricolage est apparu en 2011 et ne s'est pas généralisé. Quelques personnels le pratiquent en France comme à l'étranger. Il consiste à « équiper » une carte en papier avec les informations principales de la mission afin que le chef puisse donner ses ordres avant

d'utiliser les outils informatiques de PM (figure 41). En effet, les capacités de travail collaboratif du MPME font que l'ensemble des équipages reçoit les informations de la mission en même temps.

Dans cet environnement numérisé, les ajustements mutuels (Mintzberg, 2010) entre équipages ont tendance à se soustraire de la supervision directe et traditionnelle du chef militaire en début de travail de PM. La numérisation remplace donc un mécanisme de coordination par un autre (figure 40). La PM numérisée oblige le chef à imposer une présence physique plus forte qu'avant malgré une batterie importante d'outils de coordination et de gestion informatisée mise à sa disposition. En d'autres termes, s'il ne veut pas « perdre la main » sur la PM, il doit s'imposer d'une manière plus forte que dans un contexte non numérisé. Il utilise donc des procédés de commandement non numérisés enseignés dans toutes les écoles militaires. Ce principe ne remet toutefois pas en cause la notion de « hiérarchie restreinte impliquée » (Morel, 2012) qui donne une certaine initiative aux pilotes tout en conservant le sens de la hiérarchie ; cette dernière reprenant ses droits dans certaines circonstances.

Sans une telle démarche de la part du chef, la numérisation implique une réelle perte de proximité cognitive (construction d'un sens commun de la situation de gestion) et limite par conséquent la problématisation au sens de Schmitt et al. (2011). On retrouve les deux dimensions de l'acteur-pivot de Journé et Raulet-Croset (2008) : une dimension à la fois de « construction de sens » et une dimension d'exercice « d'une responsabilité au regard de la situation » (ici sa position hiérarchique). Cette idée est reprise par Carrara et Fioravanti (2011) lorsqu'ils indiquent que « le manque de compréhension mutuelle principalement dû à l'usage par les acteurs d'une sémantique de bas niveau propre aux outils TIC » est un des freins de la collaboration en conception. Les participants doivent donc activer des méthodes synchrones pour échanger de l'information à un niveau plus élevé. Ce bricolage a été considéré comme une bonne pratique à diffuser.

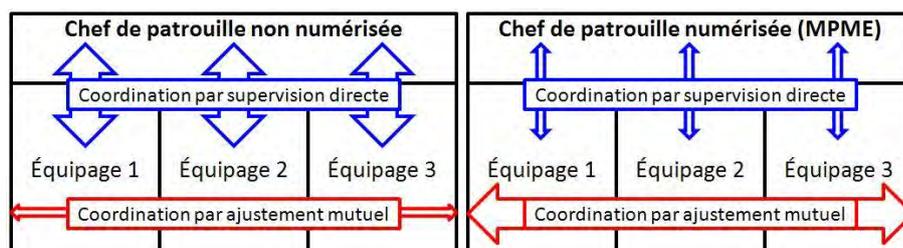


Figure 40. Les mécanismes de coordination sans et avec le MPME.



**Figure 41. Problématique de perte de leadership (reconstitution).**

- Phase d'analyse

- Analyse technocentrée du bricolage

Le MPME doit évoluer pour aider le chef à conserver son leadership. À ce titre, des filtres doivent être intégrés dans le MPME en fonction du niveau hiérarchique de l'opérateur afin d'éviter que l'ensemble des équipages puisse accéder à toutes les données de la mission en même temps que leur chef.

Cette solution évitera à ce dernier d'utiliser ce procédé qui le fait sortir momentanément de la mise à jour automatique de la CP. Aucune évolution ne fut toutefois mise en place à cause de contraintes techniques jugées trop importantes par les concepteurs.

- Analyse sociotechnique du bricolage

Ce bricolage est finalement considéré comme une bonne pratique. Il faut faire évoluer les formations afin de l'intégrer dans l'ensemble de l'ALAT. Il n'est pas nécessaire de faire évoluer la technologie, du moins à court terme mais l'achat d'un tracer A1 a toutefois été proposé.

L'ensemble des formations MPME incorporent ce bricolage depuis fin 2010 mais aucun tracer A1 n'a été fourni. Cependant, la fonctionnalité d'exportation en PDF dans ce format est

maintenant possible afin de profiter d'une impression A1 lorsqu'une imprimante est disponible.

- Analyse sociomatérielle du bricolage

L'analyse sociomatérielle de ce bricolage relève d'une tension entre la logique de la *Common Picture* du NCW et les fondamentaux du commandement et du leadership militaire. Comme le cas précédent, on touche ici à une problématique beaucoup plus profonde du cœur même du métier de militaire : une réflexion poussée doit être menée afin d'étudier les nouveaux comportements de commandement qui émergent à la suite de l'implémentation des moyens de la guerre en réseau.

Aucune réflexion ni évolution n'a encore été lancée au niveau de l'ALAT à ce sujet.

### **c. Emploi entrecroisé MPME / EDITH**

Les technologies et les données cartographiques des bases de données de la NEB et de la simulation tactique EDITH sont sensiblement les mêmes. Il est, par exemple, possible de visualiser certains théâtres d'opérations réels dans les simulateurs. Cette convergence technique a eu pour effet de « mélanger les genres » et deux bricolages sont apparus.

- **Rejet du dispositif de PM du système EDITH**

- Phase d'observation

Le système de préparation de mission d'EDITH n'est pas utilisé par les équipages qui préfèrent se servir du MPME, dispositif de PM officiel de l'ALAT. Ce bricolage reste plutôt rare car il nécessite des compétences en informatique importantes qui n'ont pas été transférées à l'ensemble des unités de l'ALAT. Sa première apparition à l'ALAT date de 2009 (figure 42).

Des problèmes de compatibilité entre les formats cartographiques d'EDITH et du MPME se sont rapidement manifestés. Ils ont été résolus grâce à la conversion des données EDITH vers le format MPME. Ce travail a été réalisé avec le Système d'Information Géographique ArcGIS (ESRI) destiné à l'impression de cartes pour les formations et entraînements simulés. Ce logiciel accompagne chaque système EDITH et est donc présent dans toutes les unités ALAT.



**Figure 42. Utilisation du MPME pour la PM simulée (reconstitution).**

▪ Phase d'analyse

*Analyse technocentrée du bricolage*

Les capacités des disques durs du MPME ne sont pas suffisantes pour contenir à la fois les bases de données cartographiques réelles et les bases de données cartographiques simulées. Deux demandes ont donc été faites. La première concerne le doublement des disques durs afin de faire disparaître la contrainte capacitaire. La seconde traite de l'accès aux bases de données du simulateur EDITH pour que la création des cartographies numériques dans le MPME ne dépende plus de l'industriel.

Soumises en 2009, ces deux demandes sont toujours en cours.

*Analyse sociotechnique du bricolage*

La méconnaissance par les équipages, et plus généralement par l'ensemble des personnels de l'ALAT, des niveaux de réalisme des données cartographiques numériques ont conduit à des aberrations : certains équipages préparaient leurs missions sur des bases de données réelles du MPME avant d'aller les réaliser dans le simulateur. Ils y retrouvaient un visuel totalement différent de celui étudié en PM. Par conséquent le doublement des disques durs n'a pas été demandé à cause de leurs limitations capacitaires mais dans le but d'éviter ce genre de

méprise. De plus, la création de formations dévolues à la cartographie a été proposée afin de donner aux ISPN la capacité de convertir des données d'un système à un autre.

La demande des disques durs a été faite en 2010 et deux formations ont été réalisées depuis.

#### *Analyse sociomatérielle du bricolage*

L'analyse sociomatérielle permet de mettre en évidence la tension entre la croyance d'une rationalité substantive due à une immersion 3D de plus en plus réaliste et les principes enseignés traditionnels de la guerre comme « le brouillard de la guerre » et plus généralement la notion d'incertitude.

Aucune action n'a encore été lancée mais ce point dépasse le cadre de l'ALAT.

- **Rejet du moteur 3D du MPME**

- Phase d'observation

Plus récent, ce bricolage est apparu en 2010 à la suite de l'intégration d'une Base de Données Environnement avec une couverture orthophotographique récente dans le système de simulation EDITH V3.3 (BDE KKS pour Kaboul – Kapisa – Surobi). Les équipages prévisualisent les zones d'interventions réelles sur le simulateur EDITH en lieu et place du MPME (figure 43).

L'achat d'une telle base de données pour un programme d'armement lié à la simulation a donné la capacité aux équipages de prévisualiser certaines zones de combat d'une manière beaucoup plus efficace et réaliste que ne le permettait le système officiel MPME. Il n'y a donc pas eu de transformations informelles matérielles ou logicielles du simulateur qui est simplement enrichi de propriétés extrinsèques nouvelles : la préparation de missions réelles. Malheureusement, cette capacité possède un effet performatif extrêmement important qui la rend dangereuse : les pilotes, immergés dans une géovisualisation 3D photoréalistes, ont tendance à prendre des décisions sans connaître les limites de cette modélisation, notamment concernant les traitements inconnus réalisés par l'industriel sur ces images afin de les rendre fonctionnelles sur le simulateur. Cette problématique fut exacerbée par certains responsables qui prônaient, de bonne foi et ouvertement, cette utilisation. Enfin, le malaise neurovégétatif ou mal des simulateurs entraîne une incapacité de vol de deux heures après un passage sur le

simulateur EDITH, ce qui interdit de partir en mission réelle à l'issue d'une PM réalisée en environnement immersif.



**Figure 43. Utilisation d'une base de données non dédiée à la PM (reconstitution).**

- Phase d'analyse

#### *Analyse technocentrée du bricolage*

Le refus d'utiliser le MPME pour la PM provient clairement d'une insatisfaction de la part des équipages au sujet de son moteur 3D. Les pilotes avancent deux principaux reproches : la lenteur d'affichage et la diminution de la résolution des images mappées.

Des demandes d'évolutions sont en cours depuis 2009 et la version 2011 du MPME a apporté quelques améliorations au moteur 3D.

#### *Analyse sociotechnique du bricolage*

Ce bricolage sort du cadre habituel du SI puisqu'il intègre le simulateur EDITH. Par conséquent, il faut sensibiliser les pilotes aux risques d'une telle pratique et les décideurs militaires et industriels sur l'intérêt de bases de données compatibles entre les différents dispositifs de la NEB et de la simulation.

Ces deux actions ont été lancées en 2010 et dépassent clairement le cadre de l'ALAT.

*Analyse sociomatérielle du bricolage*

Ce bricolage rejoint l'analyse du précédent et confirme la tension entre la croyance d'une rationalité substantive due à une immersion 3D de la part des équipages et les principes enseignés traditionnels de la guerre comme « le brouillard de la guerre » et plus généralement la notion d'incertitude.

Aucune action n'a encore été lancée mais ce point dépasse le cadre de l'ALAT.

**d. Synthèse des analyses des bricolages**

**Tableau 16. Synthèse des analyses des bricolages (1/2).**

|   | <b>Bricolage n°1</b>   | <b>Bricolage n°2</b>  |
|---|--|---|
| <b>Type</b>   | Adaptation   | Adaptation  |
| <b>Détails</b>  | Utilisation d'outils informatiques (matériels et logiciels) non répertoriés  | Utilisation d'une carte imprimée pour la présentation générale de la mission par le chef  |
| <b>Évolution du SI par des ajustements techniques</b>   | Intégrer les fonctionnalités de navigation dans le système de PM officiel  | Intégrer des filtres dans le MPME en fonction du niveau hiérarchique de l'opérateur   |
|   | Évolution réalisée en 2010 (concerne l'ALAT)   | Évolution jugée inutile en 2010 (concerne l'ALAT)   |
| <b>Évolution du SI par des optimisations conjointes du système sociotechnique</b>                         | Intégrer les fonctionnalités de navigation dans le système de PM officiel + Modifier les formations pour expliquer les risques aux équipages et interdire l'usage de dispositifs non répertoriés | Ajouter un Tracer A1 + Évolution des formations pour intégrer cette bonne pratique à l'ensemble de l'organisation               |
|   | Évolutions réalisées en 2010 (concerne l'ALAT)   | Les formations ont évolué depuis 2010 mais le tracer n'a pas été ajouté (concerne l'ALAT)                                       |
| <b>Évolutions du SI par des actions suite à la mise en évidence de tensions inobservables directement</b> | Tension entre les capacités des moyens de géolocalisation automatiques et les compétences jugées fondamentales de navigation « manuelle » des pilotes  | Tension entre les fonctionnalités de commandement et de comptes-rendus de la NEB et les fondamentaux militaires du commandement |
|   | Réflexions entamées à l'EALAT en 2012 (concerne l'EALAT)   | Aucune action lancée au niveau de l'ALAT (concerne l'armée)   |

**Tableau 17. Synthèse des analyses des bricolages (2/2).**

|   | <b>Bricolage n°3.1</b>  | <b>Bricolage n°3.2</b>   |
|---|---|--|
| <b>Type</b>   | Déplacement   | Déplacement  |
| <b>Détails</b>  | Utilisation du MPME pour la préparation des missions simulées (EDITH)   | Amélioration des capacités visuelles du moteur 3D du MPME.   |
| <b>Évolution du SI par des ajustements techniques</b>   | Doublement des disques durs et demande d'accès aux bases de données du simulateur EDITH   | Intégration rapide de bases de données cartographiques réelles dans le simulateur EDITH  |
|   | Demandes d'évolution en cours à l'EALAT depuis 2009 (concerne l'ALAT)   | Demandes d'évolution en cours à l'EALAT depuis 2009 (concerne l'ALAT)  |
| <b>Évolution du SI par des optimisations conjointes du système sociotechnique</b>                         | Création de formations dédiées à la cartographie pour donner aux ISPN les capacités de convertir des données d'un système à un autre  | Sensibiliser les pilotes aux risques d'une telle pratique + sensibiliser les décideurs militaires et industriels sur l'intérêt de bases de données compatibles |
|   | Réflexions entamées à l'EALAT en 2010 (concerne l'ALAT)   | Actions réalisées et en cours depuis 2010 (concerne l'armée)   |
| <b>Évolutions du SI par des actions suite à la mise en évidence de tensions inobservables directement</b> | Tension entre la croyance d'une rationalité substantive due à une immersion 3D de la part des équipages et les principes enseignés traditionnels de la guerre comme « le brouillard de la guerre » et plus généralement la notion d'incertitude |  |
|   | Aucune action lancée au niveau de l'ALAT (concerne l'armée)   |  |

### **8.1.2. De nouvelles perspectives d'évolutions du SI par la prise en compte des bricolages**

Le concept de sociomatérialité est très difficile à opérationnaliser puisqu'il nous contraint à ne plus procéder à un découpage classique (et culturel) du Système d'Information étudié. Pour autant, nous avons aussi démontré que la perspective sociotechnique n'est pas suffisante pour appréhender l'évolution du SI par les bricolages en raison de TI de plus en plus pervasives, ou du moins, complètement intégrées aux tâches et situations de travail. Cette interdépendance, qu'elle soit souhaitée ou subie, sera un fait établi dans notre contexte de Numérisation de l'Espace de Bataille, et plus particulièrement dans sa seconde acception d'infovalorisation. Il en ressort une participation différente des bricolages sur les évolutions du SI selon l'approche théorique choisie.

#### **a. L'analyse technocentrée des bricolages**

Cette approche technocentrée, cette « sur-confiance » en la technologie, était indubitablement la nôtre de 2000 à 2010, c'est-à-dire avant que nous ne comprenions l'importance et les conséquences des usages émergents. Nous pensions de bonne foi que la technologie pouvait directement impacter notre efficacité au combat. Les bricolages sont ici vus comme des usages déviants qu'il faut interdire ou, au moins, contrôler. Les nouvelles technologies ne peuvent qu'être qu'efficaces et les équipages, en ne respectant pas les procédures d'usage définies par les ingénieurs et les formateurs, font de la résistance au changement.

Bien entendu, cette approche très extrême des bricolages rencontre rapidement des limites, notamment via des demandes d'améliorations technologiques tout à fait légitimes de la part des opérateurs : la satisfaction des utilisateurs est alors recherchée (Thevenot & Gerbaix, 2011) et la technologie doit se développer en fonction d'un besoin défini par ces derniers. Par exemple, lors de la réception du SIG GeoConcept, une cellule de formation a été créée afin d'instruire les équipages sur les fonctions de visualisation 3D. Cette capacité fut considérée trop complexe par les équipages et une demande d'évolution a donc été faite pour résoudre cette problématique. Le résultat fut la mise en place d'un nouveau moteur 3D avec des fonctionnalités décuplées et de nouvelles demandes d'améliorations par les opérateurs. Ce cycle est finalement sans fin. Dans ce contexte, soit l'outil (ou certaines fonctionnalités de l'outil) est accepté soit il est rejeté. S'il est détourné, il est considéré comme un usage déviant

à éliminer par son interdiction formelle ou par une correction technique. On recherche donc la satisfaction optimale des opérateurs en faisant évoluer le dispositif technique et, par ricochet, certains aspects sociaux comme les formations qui sont dans la majorité des cas ultratechniques, décontextualisées et optionnelles. Nos premiers travaux expérimentaux avec le modèle TAM 3 rentraient tout à fait dans ce cadre-là. En d'autres termes, les interactions entre les dimensions technique et sociale se limitent à une amélioration perpétuelle de la technique se traduisant par une amélioration mécaniste de l'efficacité des Hommes.

Nous sommes en présence de technologies plus ou moins acceptées par les opérateurs. Le cadre épistémologique de cette analyse des bricolages par un chercheur est celui du positivisme car la réalité, comme les objets techniques, est une donnée objective indépendante des sujets qui l'observent. Le projet de connaissance est fondé sur la découverte de régularités et de causalités. Il existe un déterminisme direct, observable et mesurable entre la technologie et l'efficacité de l'opérateur. Par conséquent, l'évolution du SI passe par une évolution de la technologie (qu'elle provienne d'une démarche « *top-down* » ou « *bottom-up* ») ; processus apparemment simple et rassurant pour les rédacteurs des spécifications techniques des besoins, les architectes et les développeurs...

Le bricolage est un usage déviant issu d'un désalignement entre la technologie et les objectifs de la mission et/ou un indice de résistance au changement. L'évolution du SI passera par un ajustement technique ponctuel. Les bricolages sont ici des usages déviants à proscrire ou, au moins, à maîtriser grâce aux évolutions demandées par les utilisateurs. Ils sont étudiés comme des entités propres. Le Système d'Information – NEB (SI-NEB) est alors synonyme de Système Informatique.

### **b. L'analyse sociotechnique des bricolages**

Cette approche a été effective de 2010 à 2011 lors des premières mises en œuvre opérationnelles du MPME qui ont révélé des limitations dépassant le cadre technique et touchant par exemple aux compétences des équipages et aux ressources humaines nécessaires pour la mise en œuvre du MPME. La seule évolution technique du MPME, même par une vision « *bottom-up* », ne permettait plus de garantir une efficacité réelle au combat. Il fallait donc réfléchir sur des évolutions conjointes des dimensions technique et sociale. Dans ce contexte, des améliorations fonctionnelles ont été couplées à des formations théoriques intégrées à l'ensemble des actions de formation de la BEGL. L'analyse sociotechnique couvre

enfin les prémisses de l'analyse des risques c'est-à-dire « l'étude qui permet de déterminer le degré de risque et d'évaluer les conséquences directes et indirectes, tangibles et intangibles d'un évènement sur une organisation et son environnement » (Van Wassenhove & Garbolino, 2008). Dans notre cas, l'objectif est de vérifier que le compromis sécurité / sûreté reste dans des marges tolérables.

Les bricolages ne sont plus considérés ici comme des usages déviants mais comme des innovations à l'usage, reflétant une sur ou sous-appropriation du MPME par les opérateurs. Ces interactions ont permis de s'abstraire quelque peu de la technologie et d'envisager des évolutions conjointes de la dimension technique et la dimension sociale. Toutefois, ces dernières restent encore dans une logique séquentielle, diachronique, notamment à cause de la dyschronie des programmes d'armement, de la dyschronie des évolutions de format des armées avec la technologie<sup>101</sup> et d'un manque de cohérence d'ensemble : si une activité évolue en prenant en compte ses aspects techniques et sociaux, cette activité n'est pas vraiment envisagée comme intégrée dans le travail plus étendu qui est dans notre cas la mission au sens large. En d'autres termes, on fait évoluer conjointement des sous-parties sans envisager leurs nouvelles interactions mutuelles et leurs interactions avec les autres composants de l'environnement de travail.

Nous sommes en présence de phénomènes qui émergent de l'interaction entre des technologies et des opérateurs. Le cadre épistémologique du projet de connaissance est le constructivisme : la réalité est une construction de sujets connaissant qui expérimentent le monde et le chercheur co-construit des interprétations avec les acteurs. Le SI est alors considéré comme un construit social tourné vers l'action. Il émerge des multiples interactions mutuelles entre les opérateurs et les technologies. Le SI devient un système sociotechnique dynamique et ne peut plus être synonyme de Système Informatique. Des évolutions conjointes, et si possible synchrones, des dimensions technologique et sociale seront nécessaires. Cette méthodologie est complexe car contingente et instable. Elle se concrétise par exemple par des évolutions dans le domaine de la formation qui devient moins technique et plus « expérientielle ».

---

<sup>101</sup> « L'évolution des mentalités et la réduction du format des armées, induisant une plus forte mutualisation, ont été beaucoup plus rapides que le temps nécessaire pour réorienter les programmes d'armement » (Bersani, 2012).

Le bricolage est envisagé comme une innovation à l'usage de la technologie par les opérateurs et prouve une certaine appropriation. Il est plus ou moins dangereux et accepté. Il faut faire bénéficier l'ensemble de l'organisation des bonnes pratiques, stopper celles jugées dangereuses et faire évoluer les technologies, les compétences et les procédures en conséquence. Comme dans la logique précédente, les bricolages sont étudiés comme des entités propres. Le SI-NEB est vu comme un système composé d'une dimension technique et d'une dimension sociale en interactions. Son évolution passera donc par une optimisation conjointe ponctuelle de ses deux dimensions.

### **c. L'analyse sociomatérielle des bricolages**

L'étude des dimensions technique et sociale du SI, d'une manière disjointe, n'est plus possible. Par conséquent, le cadre épistémologique du Réalisme Critique permet de stratifier verticalement le bricolage. Des événements apparaissent (monde transitif) suite à l'activation de relations causales émergentes entre les entités ; mais ces dernières sont inobservables par le chercheur (monde intransitif). L'évolution du SI, qui se dé-focalise du couple dimension technologique / dimension sociale, doit donc débiter par l'explication et la découverte en amont de ces relations causales inobservables empiriquement puisque l'observateur n'a accès directement qu'aux phénomènes du domaine empirique. Par conséquent, il est nécessaire de rechercher les causes profondes des événements observés qui dépassent largement les limites (spatiales mais aussi sociales) de la situation de travail où se développe le SI, pour comprendre quels sont ses véritables leviers d'évolutions puis d'améliorations.

Le bricolage est un indice ou un « marqueur » d'une reconfiguration du travail qu'il faut étudier afin d'identifier certaines tensions subies par les individus. Selon cette troisième approche, l'étude des bricolages n'est plus réductible à l'analyse des événements visibles. Le SI-NEB devient une unique dimension indivisible du fait de l'imbrication devenue inextricable entre la technique et le social. Cette approche stimulante ne peut toutefois pas s'opérationnaliser sans un saut conceptuel et épistémologique difficile mais indispensable. L'évolution du SI passera tout d'abord par une étape de mise en évidence de « tensions » entre différentes entités sous-jacentes et invisibles. Cette troisième voie nous amène au final à questionner les soubassements mêmes de l'organisation par une identification, ou plutôt une

« mise à nu », des incohérences entre certains de ses principes fondamentaux (voire fondateurs) et son Système d'Information.

**Tableau 18. Niveaux d'analyse des bricolages.**

| <b>Niveau d'analyse<br/>(classification<br/>d'Orlikowski)</b> | <b>Définition du<br/>bricolage</b>          | <b>Caractéristique<br/>du SI</b>                                 | <b>Évolution du SI</b>  |
|---|---|--|---|
| Technocentré  | Usage déviant                               | Synonyme de<br>Système Informatique                              | Une finalité :<br>évolutions technique                              |
| Sociotechnique  | Innovation à l'usage                        | Un système technique<br>en interaction avec un<br>système social | Une finalité :<br>optimisation<br>technique et<br>sociale conjointe |
| Sociomatériel   | Reconfiguration des<br>activités du travail | Une seule dimension<br>indivisible                               | Une étape :<br>mise en évidence<br>de « tensions »<br>sous-jacentes |

**Nous sommes maintenant en mesure de répondre à notre question de recherche : la prise en compte des bricolages des Technologies de l'Information peut participer à l'évolution du SI en les considérant comme des « marqueurs » et en opérant un saut conceptuel afin de réaliser une analyse théorique des bricolages identifiés selon une segmentation, non pas horizontale de type sociotechnique (technologie - humain) mais verticale à l'image de l'ontologie stratifiée du Réalisme Critique.**

**Toutefois, si le triptyque sociomatérialité - infovalorisation - Réalisme Critique prend forme et nous apporte de nouvelles perspectives d'évolutions du SI grâce à la pleine intégration des bricolages dans ce processus, il nous amène aussi à questionner les**

**fondamentaux mêmes de l'organisation par l'identification d'incohérences entre certains de ses principes élémentaires et son Système d'Information.**

Enfin, le Réalisme Critique permet de sortir de l'impasse du déterminisme technologique en réintroduisant toutefois un certain « poids causal » des technologies. Cette présence est conforme à ce que prône le principe de sociomatérialité et aux résultats positifs et visibles de la mise en œuvre du MPME lors de missions simulées puis réelles dans les conflits actuels.

L'intérêt d'aborder les bricolages selon la stratification ontologique du Réalisme Critique est triple. Tout d'abord, cela **autorise l'intégration dans les programmes d'armement de concepts a priori cachés mais possédant des causes puissantes** (domaine du réel profond) dans le processus même d'évolution du SI. Par exemple, l'entité « esprit mission » est un des éléments qui permet de comprendre l'émergence des bricolages dans l'armée. La mission est « sacrée », elle prime sur tout tant qu'elle reste dans un compromis sécurité - sûreté relatif aux équipages concernés. En d'autres termes, l'étude des bricolages selon ce cadre épistémologique autorise une réflexion tout à fait opérationnelle pour rechercher les vraies causes de tel ou tel phénomène et *in fine* de proposer des évolutions que nous supposons positives du SI via des spécifications sociomatérielles et pas, comme actuellement, techniques et/ou sociales. Il est en effet nécessaire de prendre en compte les aspects non instrumentaux de l'activité comme les concepts fondamentaux militaires.

Le second intérêt, qui peut sembler paradoxal, est de **réintroduire le poids des technologies dans la réflexion** en effaçant la contradiction entre le concept de mission et la vision très technocentrée du NCW. En effet, la technologie n'est plus seulement considérée comme une entité à part entière mais comme une puissance causale potentielle ou avérée qui, dans un certain contexte géo-historique, fait émerger des événements que nous pouvons observer, au niveau du réel empirique. Par conséquent, la problématique du déterminisme technologique est dépassée : l'effet du MPME sur la mission est par exemple bien réel puisque les expériences réalisées sur les simulateurs EDITH ont prouvé son efficacité et son efficacité. Dans une approche classique, on pourrait alors considérer un effet de causalité linéaire entre le MPME et la réussite de la mission. Toutefois, notre raisonnement est plus profond puisque nous considérons ici que les conséquences positives de l'implémentation du MPME dans le processus de PM ne proviennent pas uniquement de l'entité technologique en elle-même (approche technocentrée mais aussi sociotechnique) mais plutôt de ses potentialités qui, par les relations causales avec d'autres entités comme l'esprit mission, font émerger des

phénomènes bénéfiques pour la réussite de la mission. On admet donc l'existence d'une force positive de l'objet technique vers l'objectif de la mission mais on rejette aussi une simple causalité linéaire telle que le déterminisme technologique l'exprime. Les bricolages ne deviennent plus les conséquences d'un désalignement stratégique entre la technologie et les objectifs de l'organisation mais sont des phénomènes émergents dus à l'exclusion, dans les spécificités de l'objet technique, de certaines entités et relations causales non observables. En conclusion, pour participer à l'évolution du Système d'Information dans son ensemble, il faut chercher les relations causales qui s'exercent entre certaines entités afin de les inclure dans un nouveau formalisme de spécifications « sociomatérielles ».

Enfin, le troisième intérêt est de **sortir des schèmes existants dans l'observation et la perception des bricolages** afin de suggérer des lectures différentes de ces événements, et ainsi faire preuve de créativité et de réflexivité. À ce titre Cossette (2004) indique que le caractère idiosyncrasique des gestionnaires [managers, N.D.A.], c'est-à-dire les schèmes qu'ils « possèdent », guide leurs perceptions de la situation « dans laquelle évolue l'organisation, tant à l'interne qu'à l'externe, ce qui exerce une influence évidente sur l'orientation stratégique qu'ils vont donner à l'entreprise ». Dans notre contexte, il est probable que le principe de discipline puisse être considéré comme remis en cause face aux bricolages et que certaines pressions influençant des évolutions technologiques soient expliquées par le fait de la prédominance des Sciences dites « dures » dans les organismes R&D de la défense.

## Section 8.2

# Implication managériale sur les méthodes de RETEX

*« Everyone is a player in the NATO Lessons Learned Capability »<sup>102</sup>  
(Hallett, et al., 2009)*

---

Afin que les bricolages puissent être analysés, il faut tout d'abord les observer. Ce truisme questionne pourtant les méthodologies classiques de Retour d'Expérience qui semblent dans notre contexte relativement désarmées.

### **8.2.1. Le RETEX dans l'armée de Terre française**

Selon le Centre Interarmées de Concepts, de Doctrines et d'Expérimentations (2012), le RETEX est un « processus continu, systématique et itératif de recueil, d'analyse, d'exploitation, de suivi et de contrôle des informations issues d'une opération ou d'un exercice afin de proposer des solutions aux déficiences constatées ou de pérenniser les expériences positives ».

Les dispositifs de RETEX de l'armée de Terre sont d'ordre organisationnel, centralisés et proviennent d'expressions spontanées des individus ou organisations concernés. Ils entraînent des délais de mise en œuvre et de traitement très variables mais peuvent aisément dépasser plusieurs années dans le cas d'évolutions matérielles importantes. Ils ne diffèrent du monde civil que par leur contexte bien particulier de la Défense. Par exemple, l'approche conceptuelle en quatre étapes présentée par Ferrary et Pesqueux (2006), c'est-à-dire la codification des expériences, la collecte proprement dite, les modes de communication et l'exploitation collective de l'expérience pour générer l'apprentissage, convient parfaitement pour nos travaux. Brustein (2011) propose par exemple la définition suivante : « Ils [les dispositifs de RETEX, N.D.A.] doivent permettre d'identifier les enseignements pouvant être tirés des opérations en cours, des exercices ou de cas historiques. Il s'agit ensuite pour

---

<sup>102</sup> « Tout le monde participe au procédures de RETEX de l'OTAN ».

l'institution de formuler une réponse adéquate par la mise en œuvre de mesures correctives, la diffusion des bonnes pratiques ou l'acquisition de nouveaux matériels [...]. Un processus RETEX performant permet de répondre efficacement et de manière coordonnée à un problème identifié, et par là même de raccourcir la période durant laquelle les pratiques ou l'organisation des forces sont inadaptées, au cours desquelles les unités sont plus vulnérables ». Ce RETEX organisationnel implique donc une démarche volontariste et administrative de la part de la personne qui souhaite faire remonter un problème ou une bonne pratique. L'implication de la hiérarchie, généralement forte, permet une prise en compte officielle des différentes problématiques. Depuis 2004, le Centre de Doctrine d'Emploi des Forces (CDEF) et sa Division Recherche et Retour d'Expérience (DREX) sont les acteurs majeurs du RETEX dans l'armée de Terre. Le site Internet du CDEF propose notamment des cahiers du RETEX et un numéro de la revue Héraclès dédié au RETEX : <http://www.cdef.terre.defense.gouv.fr/>. Cette organisation possède également un site Intranet qui contient une application de Gestion Électronique de Documents (GED) ayant « pour but de recueillir les faits ainsi que les enseignements tirés au cours des engagements opérationnels et des exercices d'entraînement, passés ou récents, conduits par des forces françaises et étrangères » (Thielleux, 2011). Les enregistrements de cette GED sont classifiés « Diffusion Restreinte »<sup>103</sup>.

Toutefois, cette structure lourde fonctionne bien pour des cas à répercussions importantes. Dans notre contexte, nous pourrions envisager une demande de nouveau missile permettant de tirer au-delà de la vue directe. Cet exemple réel provient d'une demande forte et officielle des opérationnels et fait actuellement partie d'un programme d'armement qui vise à équiper les hélicoptères TIGRE de missile HELLFIRE. Toutefois, les bricolages plus ou moins expérimentaux que nous tentons de connaître dans notre recherche ne peuvent pas rentrer dans un tel cadre formalisé comme nous le verrons plus avant. En effet, ces bricolages ne traitent pas d'enjeux aussi importants en termes financiers notamment (du moins en apparence comme nous l'avons constaté dans les chapitres précédents).

---

<sup>103</sup> « Une information classifiée est une information sensible dont l'accès est restreint par une loi ou un règlement à un groupe spécifique de personnes » (source vérifiée : Wikipédia).

En d'autres termes, le modèle officiel de l'armée de Terre française du RETEX<sup>104</sup> n'est pas dimensionné pour répondre à notre problématique même si le concept semblerait le permettre : « le RETEX est par essence une analyse rétrospective des opérations en cours ou passées, théâtre national compris. Sa finalité est d'améliorer l'efficacité opérationnelle de nos forces engagées en opération mais aussi de permettre l'adaptation de l'outil de défense dans les trois domaines que sont la doctrine, les équipements et la préparation opérationnelle. Pour cela, le RETEX analyse sans concession nos forces avec leurs points forts (bonnes pratiques) mais aussi leurs faiblesses et propose les mesures correctives nécessaires » (Richoux, 2011). Cette procédure classique repose sur trois principes (subsidiarité, simplicité et pragmatisme) et se décompose en deux étapes : l'identification et l'exploitation des enseignements.

Des solutions plus rapides existent telles que les procédures d'adaptation réactive ou d'urgence opérationnelle (Le Morvan, 2011; Greyfié de Bellecombe, 2011; Dousseau, 2011). Mais là encore, que ce soit en boucle courte (décentralisation du processus de RETEX) ou en boucle longue (centralisation du processus de RETEX), seuls sont traités les cas formalisés par les combattants, ce qui exclue généralement les problématiques et bonnes pratiques locales comme les improvisations<sup>105</sup> (Brustlein, 2011), les innovations issues du terrain<sup>106</sup> (Grissom, 2006; Cohen, 2004) ou, en ce qui concerne nos travaux, les bricolages de Ciborra. Amalberti (2001) confirme bien cette idée en concluant que « l'armada des méthodes de RETEX a donné jusqu'à présent des résultats plutôt décevants » lorsqu'il parle de l'asymptote de la sécurité. En effet, Amalberti considère que le niveau d'accident de  $1 \times 10^6$  atteint par le transport aérien commercial est peut-être un seuil indépassable car il est maintenant très

---

<sup>104</sup> Nous n'aborderons pas les RETEX propres à l'aéronautique comme les AEREX (RETEX aéronautiques anonymes) qui suivent globalement la même logique d'analyse et d'exploitation. En effet, qu'une politique de non-punition (ou de dépenalisation de l'erreur) soit présente ou non, le RETEX sera toujours fonction d'une démarche volontaire des personnels concernés.

<sup>105</sup> Brustlein (2011) définit l'improvisation comme le « changement le plus décentralisé de tous. Traduisant l'idée d'une impréparation face à des problèmes de nature majoritairement technique et tactique, l'improvisation privilégie un recours aux seuls moyens disponibles sur le terrain afin de répondre à un problème rencontré ».

<sup>106</sup> « *A change in operational praxis that produces a significant increase in military effectiveness* » (Grissom, 2006).

difficile de travailler sur la baisse de ces accidents « résiduels ». Il pose notamment la question du dépassement de cette asymptote du risque.

**Encadré 37**

**Une définition synthétique du RETEX**

Van Wassenhove et Garbolino (2008), après avoir mis en avant l'absence de consensus quant à la définition du RETEX, présentent ce concept comme un processus composé de méthodes et procédures pour apprendre des activités passées. Les auteurs complètent cette approche par trois informations importantes :

- le RETEX est un « outil de management utilisé pour identifier les causes de dysfonctionnements par l'analyse des faits (séances de débriefing, interviews, etc.) et pour en tirer des leçons (nouvelles consignes, modifications organisationnelles, changement du matériel, etc.) » ;
- ce ne sont pas forcément les accidents les plus graves qui sont les plus riches en enseignements. Il faut donc prendre en compte les « presque accidents » (événements inattendus n'ayant aucune conséquence humaine et matérielle mais qui, selon les circonstances, auraient pu engendrer des conséquences plus ou moins graves) ;
- le RETEX « positif » est aussi un objectif, en permettant de déduire des modes de bon fonctionnement depuis les analyses des activités.

**8.2.2. Les blocages actuels du RETEX classique**

Les procédures de RETEX d'armées en boucle courte, boucle longue et adaptation réactive (voire urgence opérationnelle) ne sont pas adaptées à la prise en compte des bricolages car les procédures administratives sont jugées (à tort ou à raison) trop lourdes par les équipages. Il semble plus généralement que la méthode « *push* » par les pilotes ne fonctionne que sur des sujets majeurs remettant en cause la réussite de l'engagement opérationnel au sens large (dont la gestion des risques par l'analyse de situations et de pratiques). La majorité des bricolages n'étant pas jugée aussi critique, seule l'observation directe par des personnels non impliqués dans la mission serait efficace en libérant « une large part de ses responsabilités [on parle ici de l'unité au combat, N.D.A.] en termes de remontée d'informations, et de se concentrer sur les aspects opérationnels » (Brustlein, 2011).

### **a. Entretiens semi-directifs**

Un entretien est « un dispositif de face-à-face où un enquêteur a pour objectif de favoriser chez un enquêté la production d'un discours sur un thème défini dans le cadre d'une recherche » (Gavard-Perret, Gotteland, Haon, & Jolibert, 2008). Cette étape a consisté à mettre en évidence les contraintes que rencontrent les équipages pour partager leurs nouveaux usages développés lors de l'utilisation du dispositif technique. Pour cela, lors d'entretiens semi-directifs individuels, nous avons posé la question suivante à 54 personnes (l'effet de saturation des entretiens eu lieu très rapidement, c'est-à-dire seulement au dixième entretien !<sup>107</sup>) :

**« Si vous rencontrez une ou plusieurs contraintes qui vous empêchent de partager vos astuces ou vos solutions liées au MPME à l'ensemble de la communauté ALAT, pouvez-vous nous les décrire ? »**

La durée des situations d'interaction avec les enquêtés a été relativement faible (au maximum une heure). Le terme « entretien » pourrait donc être remplacé par « conversation de recherche ». L'objectif principal fut la recherche de la spontanéité des réponses. Par exemple, certains entretiens ont été réalisés en vol durant les phases de mise en place (croisière) pour rejoindre les zones d'exercices.

Les enquêtés étaient tous des pilotes ou des ISPN novices ou experts. Nous avons été l'unique enquêteur. La période d'enquête a été courte, moins de deux mois, et a fait suite à l'intervention française « Harmattan » de 2011 en Lybie. De plus nous avons essayé de favoriser au mieux la diversité sociodémographique et des profils (expériences, âges, qualifications, etc.). Très peu d'enquêtés connaissaient l'objectif de la recherche (seules 6 personnes de notre service savaient la finalité de notre question). Les entretiens ont tous eu lieu lors de discussions informelles plutôt conviviales (salle à café d'une escadrille, cercle mixte, rendez-vous téléphoniques pour d'autres sujets, etc.) et ont donc duré une heure au plus afin de limiter les risques de « distractions ». Afin d'obtenir l'engagement et la coopération des pilotes et ISPN, ces entretiens incluaient des garanties déontologiques : confidentialité et anonymat des résultats.

---

<sup>107</sup> La saturation est atteinte lorsqu'un entretien additionnel n'apporte plus d'information nouvelle.

À cause d'une certaine acrimonie vis-à-vis de la hiérarchie concernant notre problématique, aucun enregistrement n'a été effectué et seuls les phrases ou mots clés concernant la réponse à la question ont été retranscrits anonymement (mais en temps réel) dans un fichier Excel<sup>108</sup>. Enfin, aucun enquêté n'a eu accès aux phrases ou mots clés antérieurement notés dans l'intention d'éviter tout effet de contamination.

**Cependant, et c'est le résultat principal du travail de cette étape de notre recherche, aucune personne n'a avancé l'inexistence de blocage. Toutes ont listé explicitement jusqu'à quatre types de blocages qui les empêchent (volontairement ou non) de diffuser leurs bricolages.**

Dans ce cas particulier, nous sommes en désaccord avec le colonel Hervé Dousseau (2011) lorsqu'il affirme que « leur version « bricolage local » [les initiatives individuelles, N.D.A.] se traduit même souvent par des progrès illusoire et des dangers importants ». Ces dangers potentiels ne proviennent pas des bricolages mais plutôt de leurs rejets purs et simples par l'institution et donc par l'absence d'une analyse poussée de ces initiatives qui peuvent s'avérer dangereuses mais aussi salutaires.

### **b. De l'intérêt de la mise en évidence des bricolages**

Comme le dit Amalberti (2002) dans le cadre d'un paradoxe d'études sur l'ultra-sécurité en médecine et dans les transports, « les déviations des pratiques sont l'expression habituelle d'un système qui s'adapte aux variations de travail et de personnel. Vouloir supprimer ces variations est naïf. La vraie sécurité consiste plutôt à savoir les repérer, et à en contrôler le risque associé, tout en faisant évoluer l'institution pour adapter les règles en fonction de l'évolution du contexte ». Le lien avec la normalisation de la déviance<sup>109</sup> de Vaughan (1996) est tout tracé... En effet, ne pas vouloir analyser les usages émergents revient à découpler la vision idéale du SI avec ses usages réels et à intégrer dans la culture des pratiques qui peuvent s'avérer fatales. Amalberti parle alors de migration et transgression des pratiques. Son

---

<sup>108</sup> Le tableau Microsoft Excel dans lequel les résultats ont été sauvegardés anonymement se situe en annexe 6.

<sup>109</sup> « Tendance à l'acceptation aux risques et au glissement vers une normalisation des opérations dangereuses » (Vaughan, 2008).

modèle-cadre indique que le système migre dans le temps vers une recherche de maximisation de la performance et des avantages individuels. Par conséquent, les usages réels des dispositifs techniques outrepassent la barrière des règlements et protocoles à cause de pressions diverses de la vie réelle et réduisent d'autant les marges de sécurité envers les incidents et accidents. Si les RETEX expliquant ces transgressions des pratiques sont mal compris, les gestionnaires vont alors ajouter de nouvelles règles qui, mécaniquement, font augmenter davantage le degré des violations.

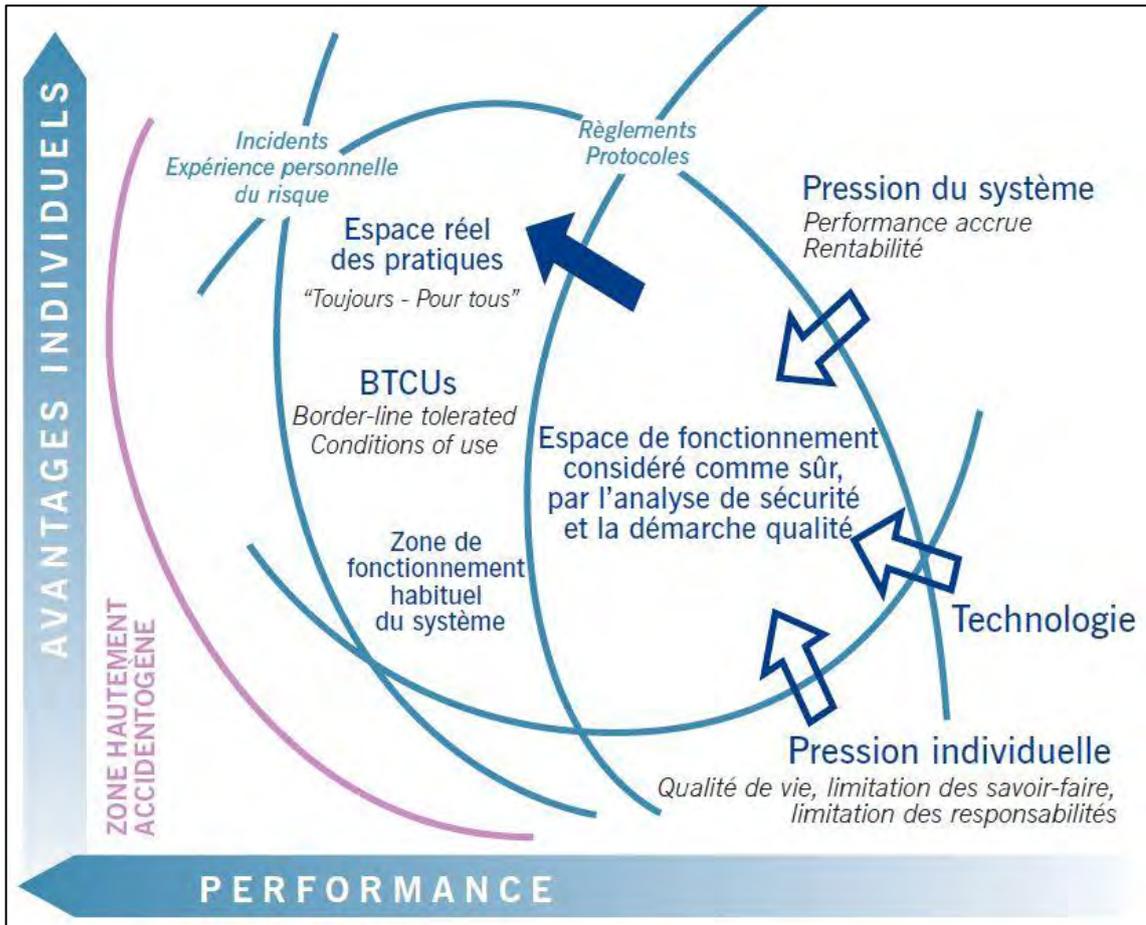


Figure 44. Modèle-cadre des migrations des pratiques (Amalberti, 2002).

Un second intérêt à la découverte des usages émergents correspond à la vision d'Hollnagel qui s'intéresse non pas aux modèles qui cherchent à comprendre les erreurs humaines mais aux actions réussies développées par les opérateurs pour faire face aux conditions réelles du travail : le travail et ses conditions d'exécution ne sont jamais complètement spécifiés, les humains ajustent leur performance pour compenser ces manques et la performance humaine est fondamentalement variable. L'auteur développe cette idée au travers du compromis « efficacité – minutie » (*ETTO* ou *Efficiency-Thoroughness Trade-off*) en indiquant que les

ressources (notamment temporelles) ne sont jamais suffisantes pour permettre à la fois une planification forte et réfléchie avant l'action et une efficacité optimale pendant l'action<sup>110</sup> (Hollnagel, 2009).

### **c. Résultats des entretiens semi-directifs**

**Les réponses furent unanimes et peuvent se classer dans deux catégories : l'autocensure et l'inactivation volontaire ou involontaire du canal d'information RETEX adéquate.**

- **L'autocensure** : les équipages pensent que leurs remarques ne seront pas prises en compte par la hiérarchie ou, plus prosaïquement, qu'elles n'intéresseront pas l'ensemble de la communauté. Cette attitude est incontestable, mais elle soulève également le problème plus profond de l'interdiction formelle de certains usages émergents, notamment l'utilisation de dispositifs techniques non autorisés ou détournés de leurs fonctions premières. En effet, pour les équipages, il faut éviter « de se faire remarquer » au risque de subir une interdiction beaucoup plus ciblée : la faible utilisation du forum NumALAT accessible pourtant sans restriction via l'Intradef Défense recoupe cette information et peut prétendre à exclure la vision horizontale du RETEX supportée par des moyens informatiques. Cette attitude n'est pas forcément présente au niveau des utilisateurs mais peut apparaître à des niveaux hiérarchiques élevés. Il est important de noter que la sanction ne se trouve pas dans un quelconque « punissement » positif<sup>111</sup> mais bien, par exemple, dans l'interdiction officielle d'usage d'un logiciel non autorisé alors qu'il rend un réel service pour la réussite de la mission (« punissement » négatif). On est donc aux limites des concepts de « non-exprimé par peur de l'autorité » selon Baumart (1996) ou peur des sanctions face aux inventions dogmatiques de Alter (2010) car ce ne sont pas les sanctions directes (de notation notamment) qui empêchent les utilisateurs de partager leurs

---

<sup>110</sup> « *The ETTO principle describes the fact that people (and organisations) as part of their activities practically always must make a trade-off between the resources (time and effort) they spend on preparing an activity and the resources (time, effort and materials) they spend on doing it* ».

<sup>111</sup> La notion de sanction provient ici du domaine de l'analyse expérimentale du comportement et s'applique selon deux définitions : « le punissement positif (présentation d'une stimulation aversive) » et le « punissement négatif par retrait ou ajournement d'une stimulation appétive » (Coegnet, et al., 2011).

connaissances, mais la crainte de ne plus pouvoir utiliser le moyen interdit qui participe pourtant à la réussite de la mission ! On retrouve la notion de peur évoquée par Lesca (2011) : « sentiment pouvant paralyser la personne qui découvre une information mais qui ne la transmet pas parce qu'elle a la crainte d'avoir mal compris ce qu'il faut faire, ou de transmettre une information sans intérêt, ou d'avoir découvert ce que les autres savent déjà, ou encore d'être porteur d'une mauvaise nouvelle et d'en subir les conséquences ».

Rentre aussi dans cette catégorie le « non-exprimé car non perçu » ou le « non-exprimé oublié » de Baumart (1996). Dans notre contexte, cette attitude ne couvre pas seulement la problématique liée à la transmission de connaissances tacites mais aussi des procédures explicites que nous pouvons classer dans deux catégories. La première pointe les procédures mises en place pour un type particulier de mission, plutôt rare et extrêmement dépendante d'un acteur principal. La seconde catégorie désigne les procédures intégralement assimilées dans une action plus globale par l'ensemble des experts.

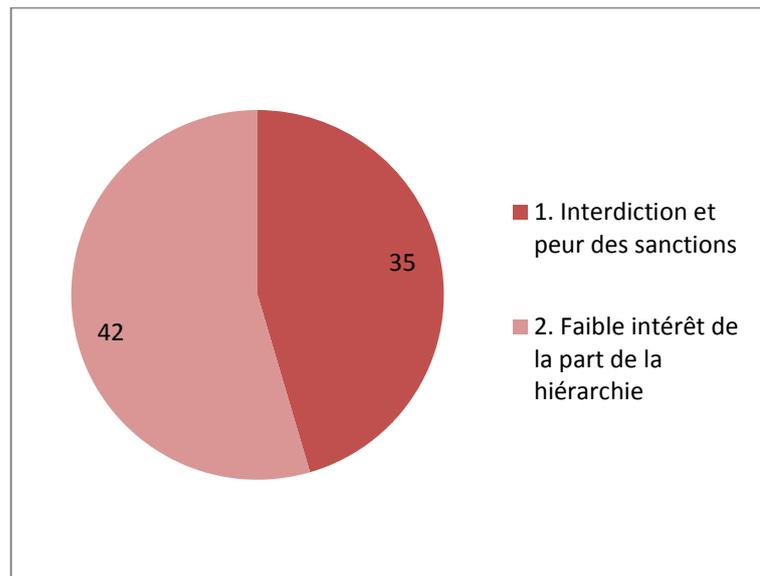


Figure 45. Résultats graphiques (autocensure).

- **L'inactivation volontaire** (par manque de temps, de volonté, etc.) **ou involontaire** (méconnaissance) **du canal d'information RETEX adéquate** : cette attitude pointe les limites des retours d'expérience classiques, même anonymes. En effet, les équipages développent des usages émergents dans l'action et n'entament généralement pas de travail réflexif collectif par écrit, notamment si les usages émergents fonctionnent bien ou sont limités dans le temps et dans l'espace. Godé et Barbaroux (2010) abordent aussi les

notions d'urgence et d'improvisation : « les individus exploitent les technologies dans l'urgence, comme des outils de gestion des situations complexes. Ils fabriquent, parfois improvisent, les usages à travers leurs pratiques quotidiennes et ont peu souvent l'occasion de prendre du recul sur la nature des usages qu'ils développent et leurs effets socio-organisationnels ». De plus, et en lien avec la première catégorie d'attitudes, de nombreux militaires souhaiteraient disposer de canaux informels mais structurés afin de traiter certains sujets sans s'engager auprès de la hiérarchie. Dans le cadre de la gestion de connaissances, plusieurs auteurs comme Orlikowski (1992) et Tessier et Bourdon (2009) ont aussi montré la faible motivation des individus à stocker et diffuser leurs connaissances. L'aspect humain est alors considéré comme critique pour un projet de gestion de connaissances. Enfin, la lourdeur administrative n'est pas non plus à minimiser et nous verrons que la présence d'observateurs dédiés à la captation des expériences permet « à l'unité accompagnée de se délester d'une large part de ses responsabilités en termes de remontée d'informations, et de se concentrer sur les aspects opérationnels » (Brustlein, 2011).

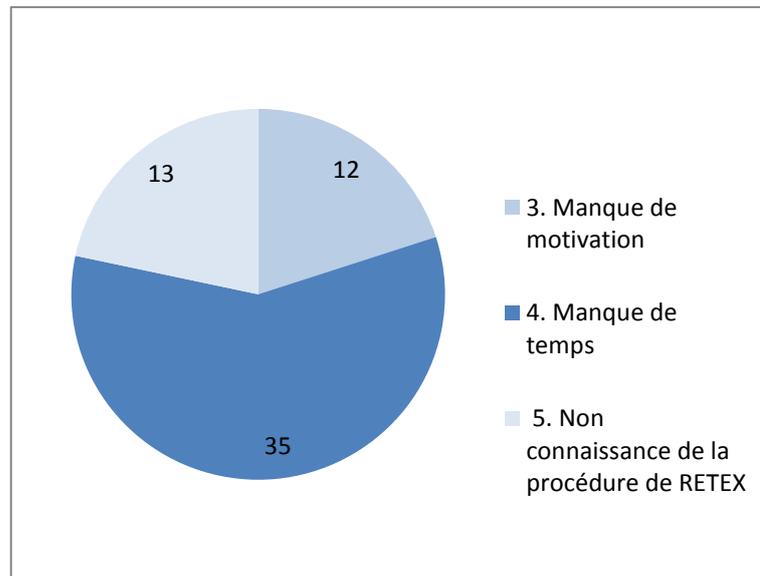


Figure 46. Résultats graphiques (inactivation des canaux d'information).

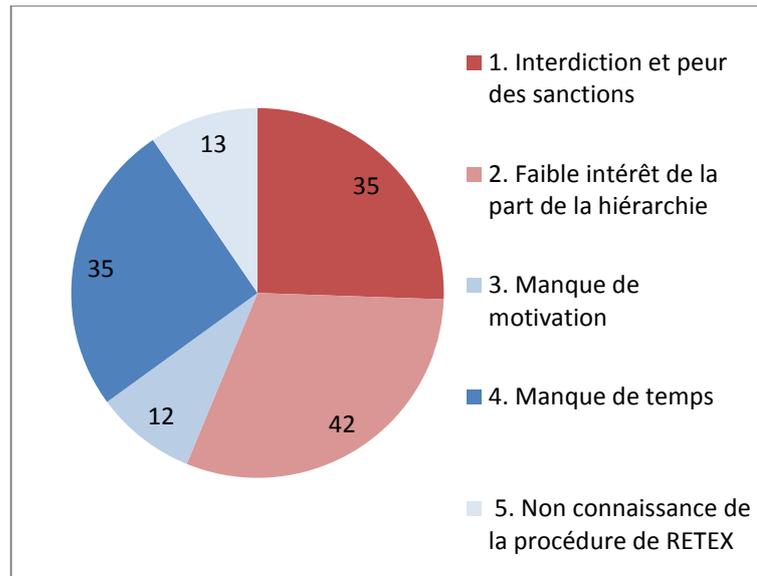


Figure 47. Résultats graphiques (synthèse).

### 8.2.3. Les modèles de *Lessons Learned*

Afin d'intégrer les bricolages réalisés par les opérationnels, nous nous sommes orientés vers deux modèles de *Lessons Learned* (LL) : le processus de LL de l'armée américaine du *Center for Army Lessons Learned* ou CALL (*Center for Army Lessons Learned*, 2011) et le processus de LL otanien (*Joint Analysis and Lessons Learned Centre*, 2011)<sup>112</sup>.

Ces modèles mettent en avant deux notions particulièrement importantes : **la présence d'observateurs dédiés à la captation des observations** (missions ponctuelles d'experts extérieurs ou présence d'observateurs intégrés comme les *Knowledge Officers* de l'armée israélienne tout au long d'un conflit) et **la vérification du changement désiré des comportements des personnels concernés par cette observation**.

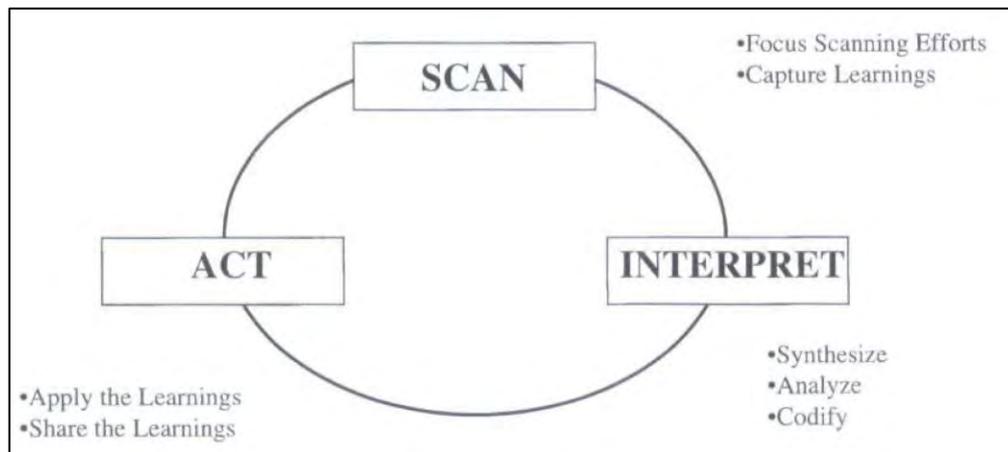
#### a. Processus de LL de l'armée américaine

« Que le programme de LL soit en charge de la phase de résolution de problème ou non, les capacités de l'organisation à faire évoluer les comportements en implémentant les

<sup>112</sup> Il existe de nombreux autres modèles de *Lessons Learned* dans des organisations civiles ou militaires comme ceux de l'Agence Spatiale Européenne (*LL Life Cycle*), la NASA (*LL System*) ou l'*European Union Military Staff Lessons Learned Process*.

enseignements est inefficace tant que vous n'observez pas les changements qui prouvent que l'enseignement est appris. En d'autres termes, les actions correctives doivent augmenter la performance »<sup>113</sup>.

Le modèle de l'armée américaine a été développé par le *Center For Army Lessons Learned* (CALL<sup>114</sup>). Le CALL est une organisation créée aux États-Unis en 1985 afin d'observer les entraînements et identifier les enseignements qui pourraient être pris en compte dans des évolutions doctrinales et technologiques futures. Après plusieurs réorganisations et un élargissement du spectre de ses activités, le CALL s'est vu confié en 1993 la mission de capturer, analyser, synthétiser et centraliser les enseignements repérés lors d'opérations réelles, et plus uniquement dans le seul cadre des entraînements. La figure 48 propose l'un des premiers modèles visant le traitement des « *Learning Lessons* » (Baird, et al., 1997).



**Figure 48. Première version du modèle d'apprentissage du CALL.**

Le CALL est colocalisé avec plusieurs institutions de formation et d'élaboration de la doctrine de l'armée américaine (dont le TRADOC<sup>115</sup>). Par conséquent, cette institution cherche à développer une approche cohérente par rapport aux modèles actuels de management

<sup>113</sup> « *Whether or not the LL program has responsibility for the issues-resolution process, the organization's ability to change behavior by implementing a lesson is ineffective unless you observe that change and a determination made that the lesson is learned. In other words, the corrective actions have enhanced performance* » (Center for Army Lessons Learned, 2011).

<sup>114</sup> <http://usacac.army.mil/cac2/call/index.asp>.

<sup>115</sup> *US Army Training and Doctrine Command* : <http://www.tradoc.army.mil/index.asp>.

de la connaissance et vise à devenir une organisation basée sur la connaissance (Foley, Griffin, & Mc Cartney, 2011). Les auteurs parlent à juste titre des problématiques de répercussions néfastes éventuelles subies par les personnels ayant fait remonter des enseignements négatifs : « Les soldats doivent se sentir à l'aise lorsqu'ils soumettent un enseignement qui peut potentiellement refléter négativement leurs attitudes, celles de leurs unités ou de leurs chaînes de commandement. Ils ne doivent pas craindre de répercussions négatives sur leurs carrières quand ils exposent des écueils liés à l'institution plutôt qu'à eux-mêmes. Enfin, les soldats doivent être certains que l'armée prend en compte sérieusement le processus de RETEX afin qu'ils s'engagent d'une manière constructive et honnête dans ce processus »<sup>116</sup> (Foley, et al., 2011). En vue de limiter au mieux cette attitude contre-productive, le CALL insiste sur la nécessité pour l'armée de développer une capacité réflexive et d'auto-analyse dans une atmosphère où le blâme n'a pas sa place (Center for Army Lessons Learned, 2011). Le CALL met donc en avant les initiatives individuelles, en considérant ces dernières, issues du terrain, comme un type de connaissance dans une organisation apprenante : les connaissances expérientielles.

Le modèle actuel est présenté dans un livre non classifié et édité en 2011 par le CALL lui-même : *Establishing a Lessons Learned Program* (figure 49). On le retrouve aussi dans des références militaires officielles comme l'US *Army Ordnance School Lessons Learned Integration (L2i) Program Standard Operating Procedure (SOP)* en date de janvier 2012. Il est composé de cinq phases (la collecte, l'analyse, le partage, l'archivage et la résolution du problème) auxquelles s'ajoute, sans être schématisée dans le modèle officiel, l'évaluation. Nous avons décidé, dans notre modélisation BPMN de faire apparaître cette étape (figure 50).

---

<sup>116</sup> « *Soldiers have to feel comfortable submitting lessons that may potentially reflect badly on themselves or their unit or their chain of command and not fear negative repercussions for their careers where the lessons identified reflect institutional problems rather than personal failings. Indeed, soldiers need to believe that the army is taking the lessons-learned system seriously or they will be less likely to engage positively and honestly with the process* ».



Figure 49. Le processus de *Lessons Learned* de l'armée américaine.

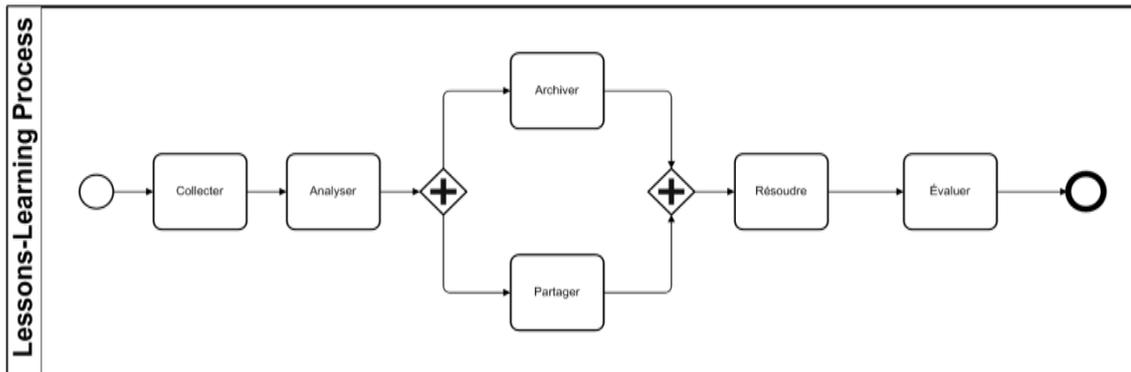


Figure 50. Modélisation BPMN 2 du modèle LL de l'armée américaine.

Il peut être surprenant que la phase de résolution du problème se situe après les phases d'analyse et de partage. Néanmoins, et afin de bien comprendre le modèle, deux approches souvent complémentaires sont nécessaires : l'approche hiérarchique et l'approche diachronique. Ces explications proviennent d'un entretien avec le colonel Richard M. Stark du CALL réalisé le 28 février 2012.

- **Approche hiérarchique** : la phase d'analyse est aussi la phase de résolution du problème si les ressources sont suffisantes au niveau de l'unité impliquée pour produire les actions correctives nécessaires. Cependant, il est rare qu'un problème ne concerne qu'une unité particulière (création d'une nouvelle procédure standardisée par exemple) ou

qu'il puisse être réglé sans investissement financier (achat de matériel). Par conséquent, la résolution complète du problème ne sera effective que lorsque les actions correctives seront institutionnalisées à l'ensemble de l'organisation : modification d'actions de formation, réception des nouveaux matériels, etc.

- **Approche diachronique** : si les actions correctives mises en place par l'unité impliquée sont suffisantes, le problème n'est pas résolu pour autant. Il existe un réel risque que les nouvelles procédures disparaissent pour de nombreuses raisons : roulement des unités placées au front, volatilité du personnel (mutations des cadres du *Middle Management* notamment), arrivée de nouvelles recrues, etc.

### **b. Le modèle de *Lessons-Learned* de l'OTAN**

En plus des intérêts propres aux aspects de *Lessons Learned* présentés *supra*, notre choix s'est porté sur le modèle de *Lessons Learned* de l'OTAN pour trois raisons. La première concerne le contexte proche de notre problématique car l'OTAN est avant tout une organisation militaire. Ensuite, ce modèle a l'avantage d'être générique et les observations *in situ* permettent notamment que les « phénomènes que nous voulons pister apparaissent et se déploient selon des modalités imprévues, il convient d'adopter une démarche opportuniste, c'est-à-dire ouverte à la surprise, acceptant un certain degré d'indétermination des situations qui évoluent en temps réel et surtout une démarche capable de repérer et de saisir les occasions qui se présentent »<sup>117</sup> (Journé, 2005). Ces observations captées pourront rapidement et nativement s'intégrer dans la base de données globale des LL de l'OTAN si la hiérarchie militaire française le souhaitait. Enfin, la troisième raison est sa simplicité. Généralement, les procédures de l'OTAN paraissent lourdes et bureaucratiques. Pourtant, et à notre grande surprise, la méthodologie de *Lessons Learned* est à la portée de tous, flexible et très bien documentée.

---

<sup>117</sup> Girin parle quant à lui d'« opportunisme méthodique » (1989).

- **Généralités**

Les processus de Retours d'Expériences (RETEX<sup>118</sup>) de l'OTAN fournissent au commandement un ensemble de moyens (structures, processus et outils) nécessaires à la capture, à l'analyse et à la détermination de mesures correctives pour tout problème. L'objectif est de communiquer et de partager ces résultats en vue d'atteindre les améliorations recherchées<sup>119</sup> (Joint Analysis and Lessons Learned Centre, 2011). Toutefois, les observations issues de missions réelles ou d'exercices peuvent aussi concerner les bonnes pratiques et n'induisent pas forcément l'activation d'une démarche bureaucratique importante : « le processus de RETEX peut être utilisé par tout le monde » (Sewell, 2009; Sewell, 2010). Ce processus suit six étapes regroupées en deux phases : l'analyse et les mesures correctives.

Même si certaines actions présentées dans nos travaux couvrent la totalité du modèle, **nos résultats de recherche s'intéressent uniquement à ses deux premières étapes, soit la phase d'analyse.** En effet, la réponse à notre seconde sous-question de recherche permet d'adapter la méthodologie otanienne de LL pour faciliter la mise en évidence des bricolages et la première sous-question de recherche traite de leurs différents niveaux d'analyse (chapitre 7).

---

<sup>118</sup> Les procédures de RETEX seront considérées dans notre document comme synonymes de l'expression anglo-saxonne « *Lessons Learned Capability* ».

<sup>119</sup> « *A Lessons Learned capability provides a commander with the structure, process and tools necessary to capture, analyse and take remedial action on any issue and to communicate and share results to achieve improvement* ».

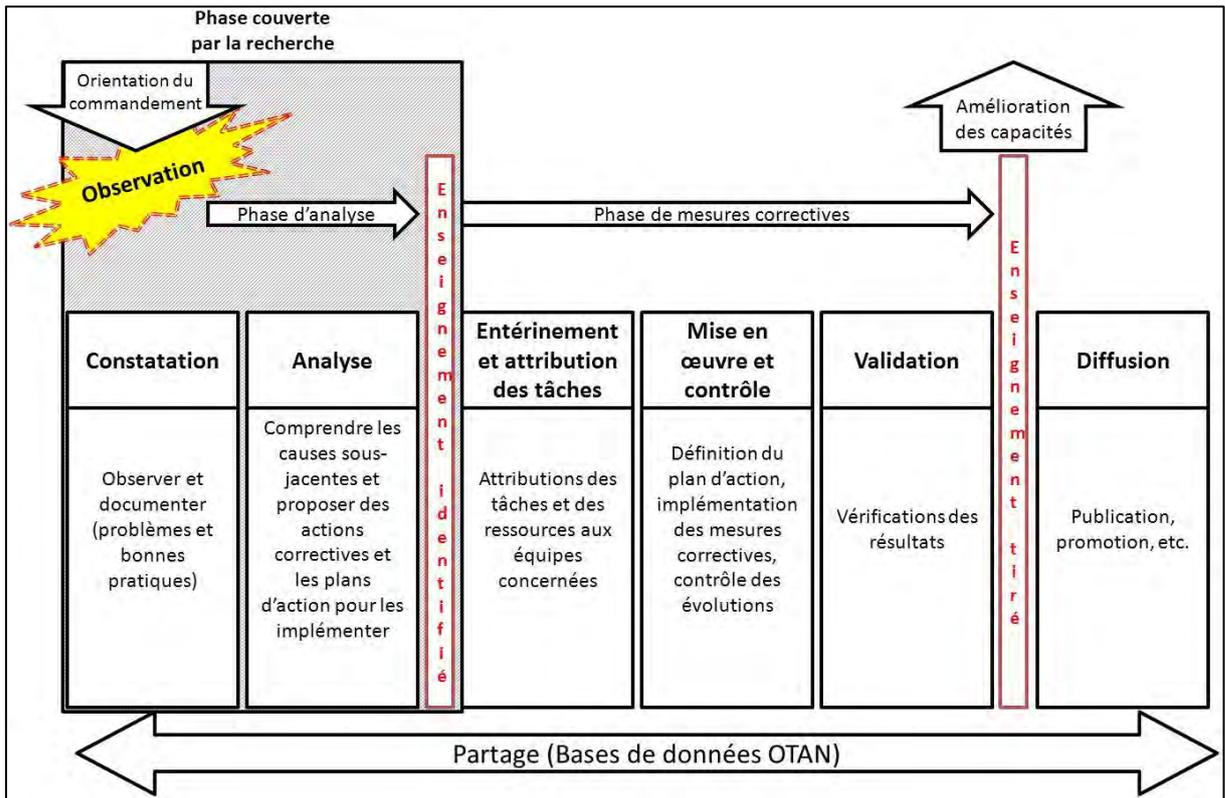


Figure 51. Modèle RETEX de l'OTAN.

- Présentations détaillées

**1- Constatation :** « une constatation, suivie d'un besoin d'analyse, amorce le processus de RETEX » (Organisation du Traité de l'Atlantique Nord, 2011b).

Une constatation ou observation est « un commentaire basé sur quelque chose que quelqu'un a entendu, vu ou noté et qui a été identifié et documenté comme un cas d'amélioration possible ou de potentielles meilleures pratiques »<sup>120</sup> (Joint Analysis and Lessons Learned Centre, 2011). Les observations présentées dans nos travaux ont toutes été relevées par des ISPN ou par nos soins dans un objectif double : libérer les équipages de cette charge et placer des observateurs « naïfs » spécialistes de l'usage technique du MPME. Il s'agit bien entendu de découvrir les bricolages émergents ainsi que de suivre leurs variations en fonction des évolutions de l'environnement de travail. L'emploi du terme « naïf » n'a aucune connotation péjorative mais souhaite simplement exprimer l'idée que les formateurs,

<sup>120</sup> « An Observation is a comment based on something someone has heard, seen or noticed that has been identified and documented as an issue for improvement or a potential best practice ».

malgré leur expertise sur l'outil technique, ne l'utilisent pas de façon opérationnelle ou, pour le moins, avec les risques opérationnels des pilotes. Par ailleurs, les bricolages sont parfois incorporés dans des routines organisationnelles qui empêchent les opérateurs de reconnaître leurs déviances (Nonaka & Takeuchi, 1995). L'emploi d'observateurs « naïfs » (ils ne jugent pas les bricolages, ils les notent seulement), mais techniquement excellents (les ISPN « observateurs » sont tous des formateurs MPME), permet la capture de l'ensemble des usages émergents, qu'ils soient techniques ou managériaux, facilement visibles ou plus « incarnés » dans les pratiques.

**2- Analyse :** étude globale de la constatation « par un examen approfondi de ses parties et de leurs interactions » (Organisation du Traité de l'Atlantique Nord, 2011b).

Ces deux premières actions correspondent à la phase d'analyse. Elles aboutissent à un enseignement identifié (*Lesson Identified*) c'est-à-dire une observation affinée (donc intégrant les causes premières) qui a donné lieu à l'élaboration d'une mesure corrective pour laquelle une entité responsable est proposée afin de la mettre en œuvre<sup>121</sup> (Joint Analysis and Lessons Learned Centre, 2011).

Toutefois, nous avons montré dans les chapitres antérieurs qu'une telle analyse, pour être réellement efficace quand elle concerne les bricolages, ne peut se suffire d'une simple étude de sa dimension objectivable. Il serait alors trop risqué de « miser » sur des évolutions inutiles voire contraires aux objectifs finaux de la NEB.

**3- Entérinement et d'attribution des tâches :** « l'enseignement identifié est entériné comme tel au niveau approprié. Une entité responsable est désignée et mandatée pour établir un plan d'action et pour se charger de la mise en œuvre de ce dernier » (Organisation du Traité de l'Atlantique Nord, 2011b). Les solutions identifiées dans l'étape précédente nécessitent une détermination précise de « qui fait quoi et comment il le fait ». Trois cas se sont présentés :

---

<sup>121</sup> « *A Lesson Identified (LI) is a mature observation with a determined root cause of the observed issue and a recommended remedial action and action body, which has been developed and proposed to the appropriate authority* »

- la **solution peut être mise en œuvre au niveau de la formation professionnelle** directement par les formateurs ISPN ou PN. C'est le cas de l'intégration d'une « ruse de métier » (jugée non risquée) dans certains travaux pratiques.

- la **solution dépasse le cadre de l'école mais reste au niveau de l'ALAT**. On peut trouver dans cette catégorie une demande d'amélioration technique ou d'évolution des textes doctrinaux de l'ALAT.

- la **solution dépasse le cadre de l'ALAT**. Elle impacte des grands programmes d'armement ou des documents doctrinaux aux niveaux interarmes, interarmées ou interalliés. Nos observations de ce niveau n'ont pas encore dépassé le stade des « leçons identifiées ».

**4- Mise en œuvre et de contrôle :** « l'entité responsable de la mise en œuvre applique les mesures correctives, sous le contrôle de l'autorité qui lui a attribué cette tâche » (Organisation du Traité de l'Atlantique Nord, 2011b).

**5- Validation :** « il peut être nécessaire de procéder à une validation pour s'assurer que les mesures correctives ont bien résolu le problème constaté à l'origine » (Organisation du Traité de l'Atlantique Nord, 2011b). Le résultat de cette action (et plus largement de la seconde phase du modèle) est un « enseignement tiré » (*Lesson Learned*) c'est-à-dire une « amélioration confirmée des capacités ou de la performance qui résulte de l'implémentation des actions correctives issues de l'analyse des leçons identifiées »<sup>122</sup> (Joint Analysis and Lessons Learned Centre, 2011).

Cette validation peut s'envisager de deux manières complémentaires. La première se déroule lors des formations car, même si les actions correctrices dépassent le cadre des instructions, elles sont incluses dans les travaux pratiques (séances sur les simulateurs EDITH construites spécifiquement pour cette première validation) afin de constater de leurs bonnes mises en acte. La seconde validation est réalisée en participant aux mêmes opérations militaires dont sont issues les observations initiales.

---

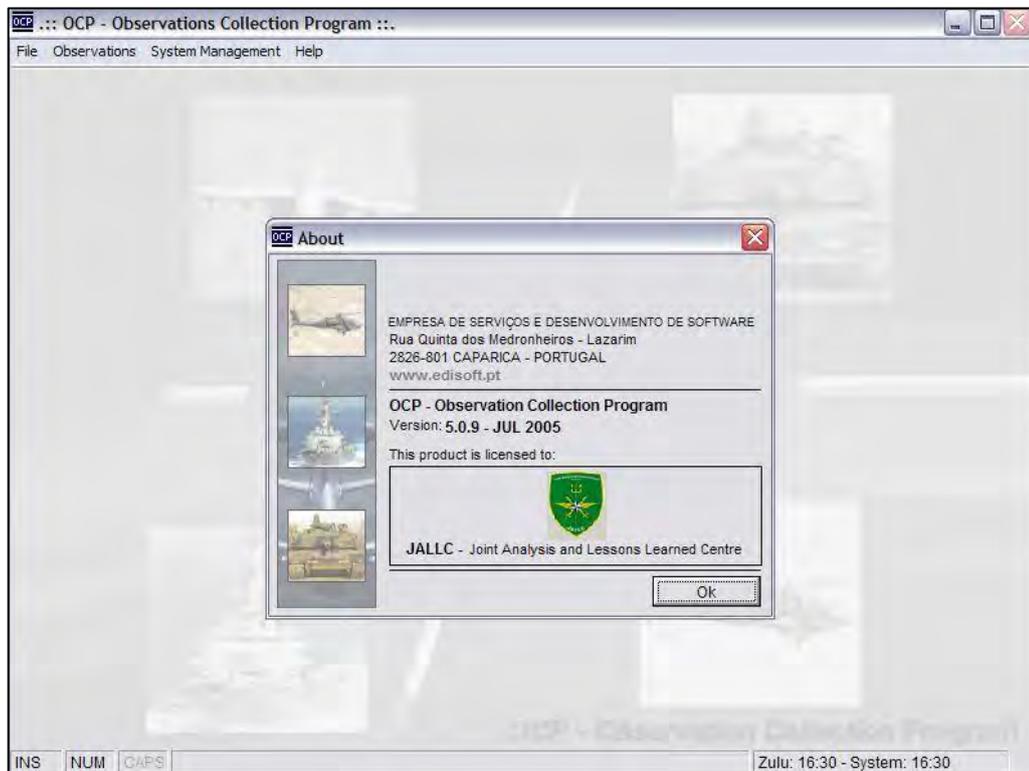
<sup>122</sup> « A NATO Lesson Learned is an improved capability or increased performance confirmed by validation when necessary resulting from the implementation of one or more remedial actions for a lesson identified ».

**6- Diffusion :** « la diffusion des enseignements tirés devrait suivre, dès que la phase des mesures correctives a été validée. Cependant, malgré l'application, en principe, de ce processus en deux phases, les enseignements opérationnels urgents ou critiques devraient, quant à eux, être partagés tout au long d'un processus RETEX raccourci » (Organisation du Traité de l'Atlantique Nord, 2011b).

La diffusion se déroule généralement avec la validation puisque nous avons décidé de partager les actions correctrices ou bonnes pratiques au travers de la formation professionnelle centralisée (en école) ou décentralisée (dans les régiments).

- **Le logiciel OCP**

L'application OCP (*Observation Collection Program*) assiste le travail des observateurs en permettant la collecte des constatations en cours d'activités sans nécessiter la connexion à un réseau particulier (Internet ou Intranet sécurisé). Elle se compose de formulaires et de parties en texte libre selon la logique du modèle de RETEX de l'OTAN. Ce logiciel possède une fonction d'exportation asynchrone vers la base de données centralisée des *Lessons Learned* (LLDb). Cette fonctionnalité garantit à notre hiérarchie une diffusion possible des bricolages consignés à l'ensemble de nos alliés.



**Figure 52. Logiciel OCP (OTAN).**

### **c. Définition et cadre général du RETEXA**

Nos propositions d'évolutions du modèle de *Lessons Learned* de l'OTAN concernent principalement l'envoi d'ISPN dans les unités opérationnelles afin d'observer *in situ* les bricolages. Ensuite, grâce à la création de ce nouveau canal d'information dit « école », ces observations parviennent au centre de simulation – numérisation de l'école concernée afin de les analyser. Ainsi, les équipages soumis aux conditions cyndinogènes, oppressantes et chronophages des missions sont libérés de cette tâche. Enfin, nous jugeons fondamental la place centrale de l'école pour réaliser cette analyse car elle est le lieu par excellence de la connaissance la plus large : on y côtoie des spécialistes des technologies, des cadres enseignant la doctrine, des métiers proches de ceux des *Knowledge Managers*, etc. Le RETEX est donc doublement « accompagné » : lors de l'observation et lors de l'analyse. En outre, nous avons mis en place une cellule de veille interne et externe afin de multiplier les chances d'acquérir de nouvelles constations ainsi que de la « matière intellectuelle » pour l'analyse des bricolages :

- la **veille interne** traite « des usages pertinents d'une application » (de Vaujany, 2011a) en intégrant l'ensemble des méthodes de RETEX (dont le RETEX informel) mais aussi en créant une communauté de pratique autour de ce thème. Un journal professionnel édité par les personnels des centres de simulation (SIMALAT) depuis 2010 a déjà permis de découvrir des usages émergents, comme la modification de l'un des joysticks du simulateur EDITH qui rend maintenant possible le travail en équipage à quatre ; les hélicoptères de manœuvre intégrant « un 4<sup>ème</sup> homme » assurer la bonne marche des activités en soute ;

- la **veille externe** consiste à suivre les évolutions technologiques et doctrinales dans les autres Armes, armées et dans le monde civil. L'adhésion de l'EALAT au pôle de compétitivité aéronautique et spatial PÉGASE et sa participation au projet structurant du *Human Wings - Centre of Excellence in Human Factors* (anciennement Centre d'Études des Facteurs Humains ou CEFH) rentrent par exemple dans ce cadre.

Enfin, la prise en compte du RETEXA par des personnels ne participant directement à l'action permet aussi d'éviter les difficultés d'appropriation de la démarche en elle-même par l'ensemble de la population de l'organisation. Elle ajoute aussi une forte plus-value aux responsables du RETEX, dans notre cas les ISPN, qui acquièrent par conséquent des fonctions

de *Knowledge Managers* ; compétences enrichissantes et différenciatrices de celles des pilotes instructeurs.

Le RETEXA n'est pas une énième méthode de RETEX mais une adaptation du modèle de *Lessons Learned* de l'OTAN qui libère les équipages de la gestion administrative des RETEX tout en garantissant à la hiérarchie militaire des aides aux choix d'évolutions (du SI – NEB dans notre contexte) grâce à des analyses poussées des bricolages.

Les quatre catégories de bricolages discutées dans le chapitre précédent et concernant le MPME ont été découvertes dès la mise en application du modèle de RETEX OTAN amendé par nos soins. Les observations se sont déroulées selon quatre modalités : opérations extérieures<sup>123</sup> (« Pamir » en Afghanistan et « Harmattan » en Lybie), exercices majeurs annuels de l'EALAT (exercice GAP 2011 et GAP 2012), comptes-rendus d'exercices dans les régiments et « au fil de l'eau » lors des formations réalisées au centre de simulation.

L'utilisation d'un modèle générique de RETEX (celui de l'OTAN) au sein d'une organisation très particulière (l'ALAT) nous permet dorénavant de rendre visibles les bricolages qui émergent dans les différentes unités de l'ALAT, en France comme à l'étranger. Ce type de RETEX « Accompagné » se veut avant tout qualitatif et il n'est pas question de tomber dans le travers de la seule accumulation des informations à des fins statistiques. À ce titre, le travail amont est le plus intéressant. Il s'attache à la découverte des blocages qui empêchent « l'analyse de la visibilité (ou des retours d'expérience) des trouvailles de l'intelligence de la pratique ou de l'intelligence rusée, comme correctif de la dimension du secret au niveau de l'organisation réelle du travail » (Dejours, 2010). Ce résultat est particulièrement important car il démontre que, même dans une organisation très hiérarchisée et fortement disciplinée, ici l'armée couplée de surcroît à l'aéronautique, des usages non prescrits émergent lors de l'implémentation de nouvelles technologies. Leurs diffusions ne suivent cependant pas une logique classique d'accessibilité à des bases de données ou d'émission de rapports réguliers (principe de la diffusion passive ou de la diffusion active).

---

<sup>123</sup> Une opération extérieure est une « opération conduite à l'extérieur du territoire national et des zones de souveraineté nationale » (Centre Interarmées de Concepts, de Doctrine et d'Expérimentations, 2012).

Nous avons choisi en effet une diffusion intégrée au référentiel métier des équipages via la formation professionnelle, en accord avec l'idée de Van Wassenhove et Garolino (2008).

Néanmoins, il ne s'agit pas d'opposer les deux méthodes de RETEX car elles sont toutes deux aussi importantes et, surtout, elles ne sont pas orientées vers les mêmes objectifs. Si le RETEX organisationnel peut proposer des évolutions diverses (technologiques, managériales, etc.) d'une façon réactive et à plus ou moins courts termes, le RETEX « Accompagné » traite de prospective. Il s'agit en effet d'appréhender les bricolages, non pas comme des conséquences de l'implémentation d'une nouvelle technologie, mais comme des opportunités d'anticipation, des « marqueurs », sur de possibles évolutions dans l'ensemble des domaines. Il nous paraît par conséquent logique de considérer les bricolages comme des signaux d'alerte précoce désignant un « signal annonciateur de changements dans l'environnement de l'entreprise et de nature à influencer de façon significative sur le devenir de celle-ci. Il résulte généralement de l'interprétation d'un signal faible<sup>124</sup> » (Lesca & Lesca, 2011). L'exemple du MPME et la mise en visibilité des bricolages nous montrent comment les équipages adaptent ou combinent leurs ressources afin d'atteindre les objectifs de mission assignés par leurs supérieurs. Par conséquent, l'usage de dispositifs non autorisés ou le détournement de certains autres systèmes révèlent les besoins et potentialités technologiques et managériaux des opérateurs militaires. L'approche sociomatérielle nous oblige dès lors à nous abstraire de la conduite des opérations et à dépasser les deux étapes de l'analyse technologique et sociotechnique qui ne peuvent qu'envisager une évolution réactive. Pourtant, il nous paraît difficile d'entamer une analyse des configurations sociomatérielles sans elles. En d'autres termes, les trois méthodes de RETEX, en incluant le RETEX informels provenant des épisodes expérientiels (Marchand, 2009), et les trois analyses se complètent pour traiter de l'ensemble des évolutions envisageables du SI à courts, moyens et longs termes.

---

<sup>124</sup> « Un signal faible désigne un outil d'aide à la décision. Il se présente, a priori, comme « une donnée » d'apparence anodine mais dont l'interprétation que l'on en fait peut déclencher une alerte. Cette alerte indique que pourrait survenir un événement susceptible d'avoir des conséquences considérables (en termes d'opportunité ou de menace). Après interprétation le signal n'est plus qualifié de faible, mais de signal d'alerte précoce » (Lesca & Lesca, 2011).

**Encadré 38**

**Synthèse du chapitre 8**

**Selon l'approche technocentrée**, le bricolage est un usage déviant issu d'un désalignement entre la technologie et les objectifs de la mission et/ou un indice de résistance au changement. L'évolution du SI passera par un ajustement technique ponctuel. Les bricolages sont ici des usages déviants à proscrire ou, au moins, à maîtriser grâce aux évolutions demandées par les utilisateurs. Ils sont étudiés comme des entités propres. Le Système d'Information – NEB (SI-NEB) est alors synonyme de Système Informatique.

**Selon l'approche sociotechnique**, le bricolage est envisagé comme une innovation à l'usage de la technologie par les opérateurs et prouve une certaine appropriation. Il est plus ou moins dangereux et accepté. Il faut faire bénéficier l'ensemble de l'organisation des bonnes pratiques, stopper celles jugées dangereuses et faire évoluer les technologies, les compétences et les procédures en conséquence. Comme dans la logique précédente, les bricolages sont étudiés comme des entités propres. Le SI-NEB est vu comme un système composé d'une dimension technique et d'une dimension sociale en interactions. Son évolution passera donc par une optimisation conjointe ponctuelle de ses deux dimensions.

**Selon l'approche sociomatérielle**, le bricolage est un indice ou un « marqueur » d'une reconfiguration du travail qu'il faut étudier afin d'identifier certaines tensions subies par les individus. Selon cette troisième approche, l'étude des bricolages n'est plus réductible à l'analyse des événements visibles. Le SI-NEB devient une unique dimension indivisible du fait de l'imbrication devenue inextricable entre la technique et le social. Cette approche stimulante ne peut toutefois pas s'opérationnaliser sans un saut conceptuel et épistémologique difficile mais indispensable. L'évolution du SI passera tout d'abord par une étape de mise en évidence de « tensions » entre différentes entités sous-jacentes et invisibles. Cette troisième voie nous amène au final à questionner les soubassements mêmes de l'organisation par une identification, ou plutôt une « mise à nu », des incohérences entre certains de ses principes fondamentaux (voire fondateurs) et son Système d'Information.

**Nous sommes maintenant en mesure de répondre à notre question de recherche : la prise en compte des bricolages des Technologies de l'Information peut participer à l'évolution du SI en les considérant comme des « marqueurs » et en opérant un saut conceptuel afin de réaliser une analyse théorique des bricolages identifiés selon une**

**segmentation, non pas horizontale de type sociotechnique (technologie - humain) mais verticale à l'image de l'ontologie stratifiée du Réalisme Critique.**

**Toutefois, si le triptyque sociomatérialité - infovalorisation - Réalisme Critique prend forme et nous apporte de nouvelles perspectives d'évolutions du SI grâce à la pleine intégration des bricolages dans ce processus, il nous amène aussi à questionner les fondamentaux mêmes de l'organisation par l'identification d'incohérences entre certains de ses principes élémentaires et son Système d'Information.**

Enfin, le Réalisme Critique permet de sortir de l'impasse du déterminisme technologique en réintroduisant toutefois un certain « poids causal » des technologies. Cette présence est conforme à ce que prône le principe de sociomatérialité et aux résultats positifs et visibles de la mise en œuvre du MPME lors de missions simulées puis réelles dans les conflits actuels.

**« Si vous rencontrez une ou plusieurs contraintes qui vous empêchent de partager vos astuces ou vos solutions liées au MPME à l'ensemble de la communauté ALAT, pouvez-vous nous les décrire ? »** (Question posée lors des entretiens semi-directifs).

**Cependant, et c'est le résultat principal du travail de cette étape de notre recherche, aucune personne n'a avancé l'inexistence de blocage. Toutes ont listé explicitement jusqu'à quatre types de blocages qui les empêchent (volontairement ou non) de diffuser leurs bricolages.**

**Les réponses furent unanimes et peuvent se classer dans deux catégories : l'autocensure et l'inactivation volontaire ou involontaire du canal d'information RETEX adéquate.**

Ces modèles mettent en avant deux notions particulièrement importantes : **la présence d'observateurs dédiés à la captation des observations** (missions ponctuelles d'experts extérieurs ou présence d'observateurs intégrés comme les *Knowledge Officers* de l'armée israélienne tout au long d'un conflit) et **la vérification du changement désiré des comportements des personnels concernés par cette observation.**

Même si certaines actions présentées dans nos travaux couvrent la totalité du modèle, **nos résultats de recherche s'intéressent uniquement à ses deux premières étapes, soit la phase d'analyse.** En effet, la réponse à notre seconde sous-question de recherche permet d'adapter la méthodologie otanienne de LL pour faciliter la mise en évidence des bricolages et

la première sous-question de recherche traite de leurs différents niveaux d'analyse (chapitre 7).

Le RETEXA n'est pas une énième méthode de RETEX mais une adaptation du modèle de *Lessons Learned* de l'OTAN qui libère les équipages de la gestion administrative des RETEX tout en garantissant à la hiérarchie militaire des aides aux choix d'évolutions (du SI – NEB dans notre contexte) grâce à des analyses poussées des bricolages.

# **Chapitre 9**

## **Limites et perspectives**

## **Chapitre 9**

### **Limites et perspectives**

La première section de ce chapitre final examine quelques limites à notre recherche, notamment sur le sujet de la généralisation des résultats. La seconde section envisage plusieurs pistes de recherches futures où les Sciences Humaines et Sociales ont toute leur place.

## Section 9.1

### Les limites intrinsèques aux études de cas

**Nous avons identifié trois limites à nos travaux : la généralisation des résultats, les limites propres au chercheur et la confrontation à l'histoire immédiate.**

#### 9.1.1. Limites d'une monographie

Notre travail est une monographie. Les premières limites concernent donc les potentialités de reproductibilité de la méthode et de généralisation / réplique des résultats (validité externe) à d'autres organisations militaires ou civiles ; voire tout simplement aux SIOC embarqués dans les hélicoptères. Il conviendra donc de renouveler cette recherche dans des conditions organisationnelles différentes afin de vérifier la transposition des résultats, au minimum dans d'autres contextes militaires et en profitant des projets de mise en réseau national des centres de simulation.

Pourtant, si ce degré de généralisation peut être effectivement considéré dans un premier temps comme une lacune importante, il est indispensable de préciser que la tâche de documentation considérable excluait *de facto* un échantillon de plusieurs cas. Notre recherche longitudinale, même si elle ne couvre qu'une période de trois années, traite d'un sujet extrêmement vaste ayant débuté depuis les années 90, non terminé en 2012 et qui n'avait bénéficié d'aucune synthèse nationale et internationale préalable. Nos travaux historiques et détaillés du concept « universel » du NCW permettent dorénavant de nombreuses variations thématiques ou organisationnelles autour de notre problématique. La confirmation ou l'infirmité de nos résultats sera relativement facilitée dans de futurs travaux de recherche académique ou professionnelle grâce à une « prise de conscience » permettant de « comprendre différemment d'autres situations uniques » (Cossette, 2004). Le fait d'avoir un échantillon d'un seul cas n'est donc pas si limitatif qu'on pourrait le croire puisque, comme le conseille Giroux (2003), cet échantillon est documenté en profondeur, « tant dans le temps que dans l'espace (accumulation systématique de données provenant de plusieurs sources) ».

**Il faut donc considérer cette monographie avec ses défauts inhérents à son contexte spatio-temporel comme un préalable nécessaire à d'autres études de cas comparatives.** C'est en ce sens que les résultats de notre recherche peuvent être considérés comme généralisables.

Pour ce faire, nous proposons la création d'une infrastructure de recherche collective dédiée à la Numérisation de l'Espace de Bataille. Cette organisation pourrait prendre la forme d'une équipe de recherche transdisciplinaire guidée par un programme de recherche par études de cas. Elle devrait être composée de personnels militaires et civils, pourrait se localiser au Centre de Recherche des Écoles de Coëtquidan (CREC) et intégrerait certains personnels des Bureaux / Divisions Études Prospective (B/DEP) propres à chaque Arme. Cette formalisation entraînerait par voie de conséquence le dépassement d'un second risque méthodologique : comment être certain que le saut conceptuel est réalisé par le sommet stratégique et que la recherche des bricolages ne se transformera pas en « une chasse aux sorcières » ?

### ***9.1.2. Limites propres au chercheur***

L'étude de la Numérisation de l'Espace de Bataille est un chantier gigantesque. Mes contraintes professionnelles, notamment de mutation et d'évolution professionnelle en termes de responsabilités lors de la dernière année de thèse, m'ont obligé à limiter régulièrement les recherches bibliographiques des concepts utilisés dans cette recherche. La revue de littérature est certainement trop succincte par rapport aux concepts mobilisés et nos emprunts théoriques manquent de toute évidence de profondeur de par l'originalité du thème, l'entrecroisement des disciplines qu'il est impossible d'outrepasser et la jeunesse du concept de sociomatérialité. De même, notre position d'observateur participant et notre implication dans le terrain de recherche peuvent accroître la subjectivité de nos résultats.

### ***9.1.3. Le problème de l'« histoire immédiate »***

Enfin, et à l'image des travaux de thèse en Sciences Historiques sur l'ALAT réalisé par le Général André Martini (L'histoire de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre de 1954 à 2004), nous avons rencontré des difficultés similaires du fait de notre confrontation à l'histoire immédiate et donc du faible recul sur les événements de la NFT.

L'histoire immédiate est « l'ensemble de la partie terminale de l'histoire contemporaine, englobant aussi bien celle dite du temps présent que celle des trente dernières années ; une histoire qui a pour caractéristique principale d'avoir été vécue par l'historien ou ses principaux témoins » (Soulet, 1994).

Ce trait caractéristique, s'il a pour avantage de nous permettre d'accéder aux faits réels, a certainement limité notre esprit critique et le débat épistémique. Par exemple, l'approche sociomatérielle peut-elle être suivie dès le début de la recherche ou devons-nous, à l'image de notre travail, passer par les deux perspectives antérieures (technocentrée et sociotechnique) ? Ces bricolages sont-ils transitoires, c'est-à-dire dus à la phase d'implémentation des technologies, ou s'inscrivent-ils de manière permanente dans les pratiques professionnelles ?

Archives classifiées, faible quantité d'articles scientifiques et, au contraire, forte présence de documents professionnels contradictoires et très engagés nous ont obligés à faire des choix qu'il conviendra de développer afin d'en extraire les erreurs ou de combler les lacunes. Toutefois, nos travaux auront alors atteint leur but : faire mieux connaître la Numérisation de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre pour dépasser sa seule perspective technologique et donner envie à d'autres chercheurs d'étudier la NEB. Notre cas initial de thèse est donc un point de départ d'une démarche de recherche que nous espérons fructueuse.

## Section 9.2

# Des opportunités de recherches pour les Sciences Humaines et Sociales

### 9.2.1. Une dérive stratégique pleine d'opportunités

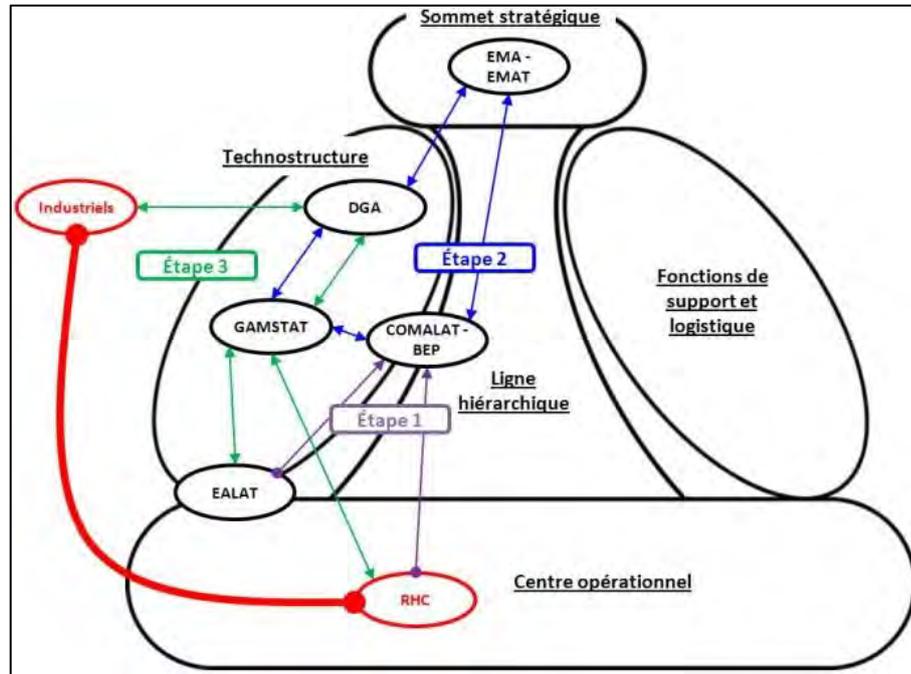
En stratégie, la dérive stratégique se définit comme la « tendance des stratégies à se développer de manière incrémentale à partir d'influences historiques et culturelles, ce qui peut empêcher l'organisation de suivre les évolutions de son environnement » (Johnson, et al., 2011). Cette notion nous semble pertinente dans notre contexte car l'environnement dynamique actuel nécessite des capacités importantes d'adaptation et d'apprentissage organisationnel.

Deux contraintes d'origine historique et culturelle nous semblent alors restreindre la capacité de l'armée de Terre à intégrer le traitement des bricolages d'une manière systématique. La première est d'ordre structurel avec un « éloignement organisationnel » qui nous paraît trop important entre les industriels (développeurs) et les opérationnels (pilotes ou ISPN). La seconde fait référence à une tension au plus haut niveau hiérarchique entre un idéal militaire « conservateur » et la peur du risque de dépendance vis-à-vis des technologies réseau-centrées. Nous proposons de représenter ces deux contraintes grâce à la configuration de base d'une organisation conçue par Minzberg (2010).

#### **a. Une distance industriels / opérationnels trop importante ?**

Lorsqu'un bricolage est découvert et analysé, il faut ensuite dérouler le modèle complet de *Lessons Learned* afin que l'organisation entière profite des évolutions du SI, qu'elles soient d'ordres technique, organisationnel, doctrinal, etc. Dans le cas d'une évolution technologique demandée par des personnels (étape 1) issus du centre opérationnel (dans notre cas les personnels des Régiments d'Hélicoptères de Combat ou RHC), le parcours jusqu'aux industriels est relativement long et passe par plusieurs filtres (étape 2), dont bien entendu, le filtre budgétaire. Si le besoin s'avère être validé par l'ensemble de la hiérarchie (commandement et technique), les opérationnels n'ont que très peu de contact avec les développeurs, même dans le cas d'une EDPI avec l'intégration de *key users* (étape 3). Nous

proposons donc l'intervention, au niveau du centre opérationnel, de *key engineers* envoyés par les industriels eux-mêmes sous couvert de la DGA afin de s'immerger dans les contraintes militaires réelles. Cette présence de l'industriel, au côté de *Knowledge Managers* (ISPN) et couplée aux méthodes de gestion de projet de type Agile, nous paraît opportune pour des évolutions pertinentes du SI.



**Figure 53. « Distance organisationnelle » opérationnels / développeurs.**

Pourtant, une problématique reste présente dans ce processus, il s'agit de la méthode de rédaction des besoins, effectuée toujours dans l'optique de l'analyse fonctionnelle qui induit inévitablement la vision logico-mathématique informaticienne et donc un modèle d'organisation fonctionnaliste ou hyperfonctionnaliste (Pavé, 1989). En effet, et dans le cadre de l'infovalorisation, comment établir une liste de besoins quand ces derniers ne sont pas uniquement « instrumentaux » et qu'ils ne rentrent pas dans le formalisme des Fiches d'Expression de Besoins ou autres documents de type Excel listant les fonctionnalités à acquérir ? En d'autres termes, comment proposer des spécifications sociomatérielles dans notre contexte fortement dual avec d'un côté le complexe militaro-industriel de la Science de la Guerre soutenu par la DGA et de l'autre le complexe militaro-doctrinal de l'Art de la Guerre impulsé par des organismes comme le CDEF ou le CICDE ? La solution se trouvera, à notre avis, dans la recherche d'une congruence entre ces deux entités et d'une gouvernance innovante.

## **b. La NEB sonne-t-elle le glas de l'esprit militaire français ?**

Nous avons vu que l'infovalorisation comprend une architecture technologique et organisationnelle fortement couplée : ce qui se passe dans une partie est fortement corrélé avec ce qui se passe dans les autres parties. Ce constat peut sembler mettre à mal la culture organisationnelle militaire qui prône certains principes et idéaux ancestraux comme l'initiative ou l'*Auftragstaktik*<sup>125</sup> allemand. Pourtant, il serait intéressant de réfléchir sur ces deux notions. Ont-elles encore un sens dans un environnement numérisé ? Ou plutôt, ont-elles toujours le même sens que dans un environnement non numérisé ?

Un exemple particulièrement frappant de cette tension se trouve dans l'un des textes fondateurs de la doctrine des Forces Terrestres françaises : « **Le chef militaire doit savoir tirer profit de l'outil numérique, sans en subir le diktat.** S'appuyant sur son expérience et son intelligence de situation, et tout en tirant le maximum de rendement de son système d'aide au commandement, il doit savoir estimer quand et où sa présence physique, et même sa voix s'avèrent indispensables. En conséquence, la maîtrise de l'information induite par la numérisation l'aidera à décider mieux et plus vite » (Centre de Doctrine et d'Emploi des Forces, 2010).

Cependant, comment ne pas subir le *diktat* de l'outil numérique quand celui-ci intègre l'ensemble des données de la mission ? Comment ne pas dépendre d'une technologie quand il n'est plus possible de la circonscrire, comme cela était fait dans les conflits précédents avec des systèmes d'armes moins intégrés ? La technologie induit-elle un aplanissement de la hiérarchie ? Ces questionnements sont cruciaux pour l'armée et il nous paraît urgent de les aborder sans se soucier *a priori* des résultats via par exemple des travaux de conception de cartographie cognitive et le refus systématique d'utiliser des notions qui sèment le trouble et creusent la dualité technologie / social comme celle de *diktat*.

Pour illustrer notre propos, voici une brève de discussion que nous avons réalisée et enregistrée avec un Chef de Patrouille Tigre lors d'un entraînement sur le système de simulation EDITH :

---

<sup>125</sup> « l'*Auftragstaktik* repose sur la parfaite compréhension de l'intention du chef et sur l'autonomie accordée aux subordonnés » (Samson, 2009).

« - Nous : tu n'as pas besoin des pages réelles dans ton DKU (ordinateur de bord, N.D.A.) puisque tu viens simplement faire de la tactique et t'entraîner au commandement de ta patrouille.

- Capitaine X : parce que tu crois que je peux faire de la tactique sans utiliser mon DKU ?

- Nous : oui, il me semble que c'est possible, ce ne sont que des ordres à passer à la radio en fonction de la mission donnée par ton chef.

- Capitaine X : oui, mais le problème provient de ce que la majorité de mes ordres sont dans le DKU ! »

**Les compétences fondamentales des militaires devront évoluer si nous voulons bénéficier des atouts de la guerre en réseau, c'est-à-dire de nouvelles capacités collectives, tout en (re)connaissant ses limites.** Ce thème nous paraît d'autant plus important qu'il touche aux notions de fiabilité et de résilience organisationnelles et, *in fine*, à la réussite ou non des missions de combat futures.

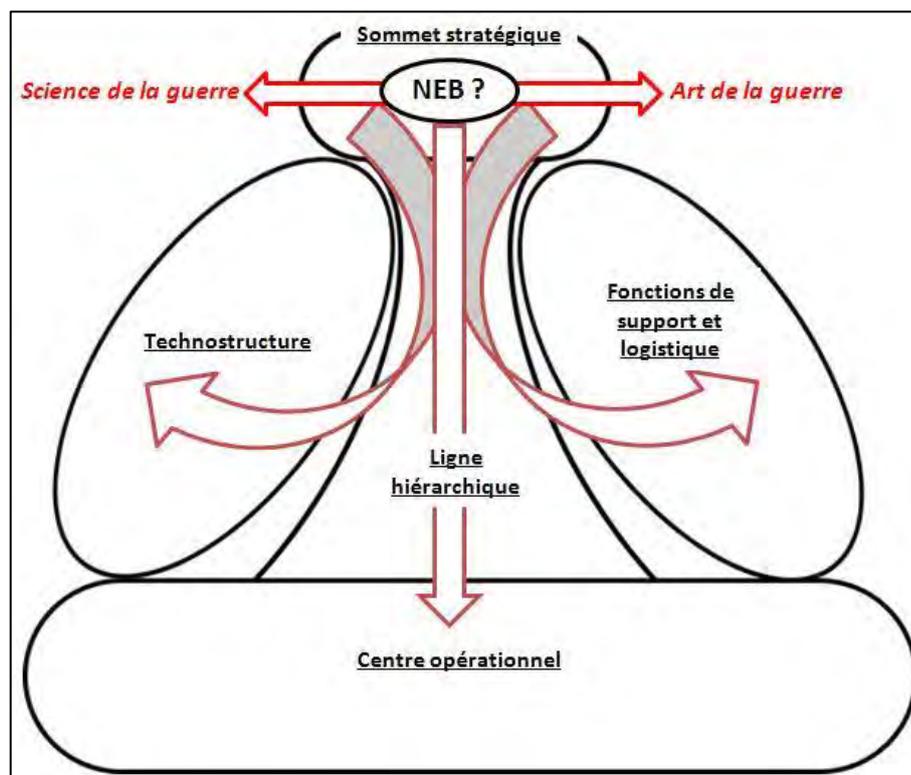


Figure 54. NEB : une dépendance technologique « hérétique » ?

## 9.2.2. Quelle(s) place(s) pour les Facteurs Humains ?

### **a. Le début des Facteurs Humains en Systèmes d'Information**

Selon Beard et Peterson (1988) et Carey (Carey, 1991), le courant *Human Factors in Information Systems* ou HFIS est « l'étude scientifique des interactions entre les individus, les ordinateurs et leur environnement de travail. Les connaissances développées dans ce cadre sont destinées à créer des Systèmes d'Information et des environnements de travail qui aident les personnes à être plus productives et mieux satisfaites de leur vie professionnelle »<sup>126</sup>. Le terme « scientifique » ne doit pas être compris dans le même sens que celui donné dans l'expression « Organisation Scientifique du Travail » de Taylor où il était question de divisions extrêmes des tâches, mais bien par la prise en compte des Facteurs Humains dans et par le monde académique.

Pourtant, ce courant créé à la fin des années 80 n'est qu'une étape dans l'évolution du champ de recherche en SI puisqu'il fait explicitement référence au MIS (*Management Information System*), c'est-à-dire au Système d'Information de Management. Davis (2000) considère que cette logique correspond à la deuxième étape d'évolution du développement des SI lorsque les outils informatiques pouvaient prétendre à « dépasser le stade de la seule gestion de données et supporter les activités de management et administratives comme la gestion de planning, les analyses de données et l'aide à la décision »<sup>127</sup>. Le MIS ne doit pas être confondu avec le Management des Systèmes d'Information qui regroupe « l'ensemble des connaissances, des techniques et des outils assurant la gestion de données et plus généralement l'organisation du système d'information »<sup>128</sup>.

---

<sup>126</sup> « *Human Factors in management Information Systems (HFIS) is the scientific study of the interaction between people, computers, and their work environment. The knowledge gained from study is used to create information systems and work environments which help to make people more productive and more satisfied with their work life* ».

<sup>127</sup> « *It enlarged the scope of data processing to add systems for supporting management and administrative activities including planning, scheduling, analysis, and decision making* ».

<sup>128</sup> [http://fr.wikipedia.org/wiki/Management\\_du\\_syst%C3%A8me\\_d%27information](http://fr.wikipedia.org/wiki/Management_du_syst%C3%A8me_d%27information) (source vérifiée Wikipédia).

## **b. Les FH dans l'infovalorisation, les grands oubliés**

- **L'ergonomie, une approche en perte de vitesse ?**

Dans le cas de l'infovalorisation, il nous semble que la problématique ne se situe plus dans l'ergonomie ou dans la conception d'Interface Homme-Machine « parfaite » car les cockpits du futur seront simplifiés à l'extrême et leurs usages ne poseront pas de problème particulier aux générations futures. Malgré cela, il serait intéressant d'envisager la notion de « *seamful design* » (Chalmers, et al., 2003) qui désigne la conception d'interfaces révélant les limites de la technologie. Il s'agit de « montrer aux utilisateurs les incertitudes et les limites des technologies pour les laisser adapter leurs comportements en fonction de ces informations » (Nova, 2009). Un exemple de ce principe concerne la visualisation de l'état de connectivité radio entre les différents SITALAT. Chaque plateforme possède un symbole qui peut être plein (connectivité OK) ou évidé (connectivité impossible).

- **De nouvelles compétences à acquérir**

En dehors de cette approche ergonomique, l'étude des Facteurs Humains concernant les *Soft Skills* reste d'une actualité brûlante, que des humains soient encore à bord des avions ou à des milliers de kilomètres pour les guider. Par exemple, le principe du combat collaboratif, proche finalement de celui d'autosynchronisation dynamique, nécessitera des compétences individuelles et collectives nouvelles qu'il faudra développer puis maintenir. Morel (2012) parle notamment de la « hiérarchie restreinte impliquée » qui n'est ni plus ni moins que l'intention du chef dans l'armée de Terre française puisqu'il désigne ce principe « comme le transfert marqué du pouvoir de décision vers des acteurs sans position hiérarchique, mais détenteurs d'un savoir et en prise directe avec les opérations ». La question concerne ici les compétences des chefs et la confiance qu'ils accordent à leurs subordonnés censés être complètement autonomes dans leurs actions.

D'ailleurs, une deuxième question extrêmement délicate concerne les compétences. Devons-nous continuer à entraîner nos troupes au combat non numérisé ou dans un environnement numérisé dégradé ? Si, dans le contexte actuel de la montée en puissance du NCW, il est encore possible de concevoir une formation duale, il n'est pas certain que dans quelques années nous ayons les moyens (financiers, temporels, etc.) et surtout les compétences suffisantes pour proposer cette mixité des apprentissages. Mais, au-delà de cette dualité de compétences que l'on peut qualifier de fondamentales, il existe un autre point

crucial : le basculement direct, c'est-à-dire le passage d'un travail numérisé nominal à un travail dégradé (ou analogique) et inversement. Finalement, le vrai problème n'est peut-être pas l'acquisition de compétences dans les deux types de combat mais plutôt la maîtrise de ce basculement et donc de la planification de la continuité de services ainsi que la planification « non technologique » de la reprise après sinistre.

Enfin, l'ensemble des sujets précédents amène à porter notre regard sur le thème du recrutement des pilotes de combat de l'armée de Terre. Est-il encore possible de sélectionner des candidats avec un profil à « trois têtes », c'est-à-dire militaire, aéronaute et gestionnaire de système ? Ou doit-on sacrifier une qualité pour conserver les autres ?

- **La communication dans les cockpits**

Les formations *Crew/Cockpit Resource Management* (CRM) devront, elles aussi, certainement évoluer. On peut d'ores et déjà relever de nouvelles difficultés de communication entre les membres d'équipages au sujet de la compréhension mutuelle de la situation. En effet, dans un combat non numérisé, l'équipage au complet écoute le même canal de communication radio, ce qui donne au pilote aux commandes une certaine capacité d'anticipation des actions. L'intégration d'un SIT à bord des aéronefs va supprimer cette possibilité puisque le Chef de Bord recevra ses ordres et émettra ses comptes-rendus d'une manière graphique et donc silencieuse pour les autres membres de l'équipage. Cette limitation devra être prise en compte afin d'introduire de nouveaux mécanismes de communication au sein de l'équipage comme ce qui a été fait pour remplacer les gestes déictiques dans les cockpits en tandem ou lors des missions sous JVN. Ces difficultés nouvelles de communication font partie d'un ensemble beaucoup plus large qui mériterait à lui seul des travaux de recherche afin, par exemple, d'étudier la théorie de la richesse des médias (Daft, et al., 1987) et la théorie de la synchronicité des médias (Dennis, et al., 2008) dans ce contexte militaire où l'aspect vital est parfois basé sur l'indexicalité, c'est-à-dire sur l'aspect contextuel de la perception de la signification du langage.

**Encadré 39**

**Synthèse du chapitre 9**

**Nous avons identifié trois limites à nos travaux : la généralisation des résultats, les limites propres au chercheur et la confrontation à l'histoire immédiate.**

**Il faut donc considérer cette monographie avec ses défauts inhérents à son contexte spatio-temporel comme un préalable nécessaire à d'autres études de cas comparatives.**

C'est en ce sens que les résultats de notre recherche peuvent être considérés comme généralisables.

**Les compétences fondamentales des militaires devront évoluer si nous voulons bénéficier des atouts de la guerre en réseau, c'est-à-dire de nouvelles capacités collectives, tout en (re)connaissant ses limites.** Ce thème nous paraît d'autant plus important qu'il touche aux notions de fiabilité et de résilience organisationnelles et, *in fine*, à la réussite ou non des missions de combat futures.

## Conclusion de la 3<sup>ème</sup> partie

Au travers de cette troisième partie nous avons proposé un cadre d'analyse des bricolages à trois niveaux : technocentré, sociotechnique et sociomatériel. Chacun de ces cadres renvoient à la fois à une vision du SI, à une posture épistémologique et finalement à des axes d'évolutions possibles du SI différentes. Nous avons ensuite démontré tout l'intérêt du RETEX Accompagné qui permet d'observer *in situ* les bricolages mais aussi de les analyser grâce à l'activation d'un nouveau canal d'information dit « école » afin de libérer de ce travail les équipages absorbés par le contexte opérationnel.

## Encadré 40

### Synthèse de la 3<sup>ème</sup> partie

#### Chapitre 7

##### Du nécessaire dépassement du concept d'appropriation

Au terme de cette revue de littérature académique sur l'appropriation, nous en proposons la définition synthétique suivante : **l'appropriation est le processus contextuel émergent, complexe, contingent et adaptatif par lequel la technologie fait sens pour les utilisateurs et est réellement mise en pratique au sein de l'organisation par ces mêmes utilisateurs pour réaliser les missions et tâches qui leur sont assignées.**

Ciborra définit le bricolage comme « la recombinaison de ressources à portée de main. Ces dernières deviennent des outils qui se construisent *in situ* afin de résoudre les problèmes rencontrés. Avec le bricolage, les pratiques et les situations créent de nouvelles utilisations et applications de la technologie et les choses ». Ce chercheur a donc une vision plus large et englobe la notion de flexibilité instrumentale.

**Malheureusement, l'usage du terme « appropriation » est totalement en opposition avec la vision académique puisque le journaliste militaire indique que « les opérateurs ont le devoir de s'approprier les systèmes, même si leurs utilisations sont parfois contraignantes »...**

Dans cette section, nous appliquons au Système d'Information une synthèse des deux grilles de lecture d'Orlikowski (2007; 2009) destinée à rendre compte des approches possibles de la technologie dans la littérature académique en management.

#### Chapitre 8

##### Résultats de la recherche

**Selon l'approche technocentrée,** le bricolage est un usage déviant issu d'un désalignement entre la technologie et les objectifs de la mission et/ou un indice de résistance au changement. L'évolution du SI passera par un ajustement technique ponctuel. Les bricolages sont ici des usages déviants à proscrire ou, au moins, à maîtriser grâce aux évolutions demandées par les utilisateurs. Ils sont étudiés comme des entités propres. Le Système d'Information – NEB (SI-NEB) est alors synonyme de Système Informatique.

**Selon l'approche sociotechnique**, le bricolage est envisagé comme une innovation à l'usage de la technologie par les opérateurs et prouve une certaine appropriation. Il est plus ou moins dangereux et accepté. Il faut faire bénéficier l'ensemble de l'organisation des bonnes pratiques, stopper celles jugées dangereuses et faire évoluer les technologies, les compétences et les procédures en conséquence. Comme dans la logique précédente, les bricolages sont étudiés comme des entités propres. Le SI-NEB est vu comme un système composé d'une dimension technique et d'une dimension sociale en interactions. Son évolution passera donc par une optimisation conjointe ponctuelle de ses deux dimensions.

**Selon l'approche sociomatérielle**, le bricolage est un indice ou un « marqueur » d'une reconfiguration du travail qu'il faut étudier afin d'identifier certaines tensions subies par les individus. Selon cette troisième approche, l'étude des bricolages n'est plus réductible à l'analyse des événements visibles. Le SI-NEB devient une unique dimension indivisible du fait de l'imbrication devenue inextricable entre la technique et le social. Cette approche stimulante ne peut toutefois pas s'opérationnaliser sans un saut conceptuel et épistémologique difficile mais indispensable. L'évolution du SI passera tout d'abord par une étape de mise en évidence de « tensions » entre différentes entités sous-jacentes et invisibles. Cette troisième voie nous amène au final à questionner les soubassements mêmes de l'organisation par une identification, ou plutôt une « mise à nu », des incohérences entre certains de ses principes fondamentaux (voire fondateurs) et son Système d'Information.

**Nous sommes maintenant en mesure de répondre à notre question de recherche : la prise en compte des bricolages des Technologies de l'Information peut participer à l'évolution du SI en les considérant comme des « marqueurs » et en opérant un saut conceptuel afin de réaliser une analyse théorique des bricolages identifiés selon une segmentation, non pas horizontale de type sociotechnique (technologie - humain) mais verticale à l'image de l'ontologie stratifiée du Réalisme Critique.**

**Toutefois, si le triptyque sociomatérialité - infovalorisation - Réalisme Critique prend forme et nous apporte de nouvelles perspectives d'évolutions du SI grâce à la pleine intégration des bricolages dans ce processus, il nous amène aussi à questionner les fondamentaux mêmes de l'organisation par l'identification d'incohérences entre certains de ses principes élémentaires et son Système d'Information.**

Enfin, le Réalisme Critique permet de sortir de l'impasse du déterminisme technologique en réintroduisant toutefois un certain « poids causal » des technologies. Cette présence est conforme à ce que prône le principe de sociomatérialité et aux résultats positifs et visibles de la mise en œuvre du MPME lors de missions simulées puis réelles dans les conflits actuels.

**« Si vous rencontrez une ou plusieurs contraintes qui vous empêchent de partager vos astuces ou vos solutions liées au MPME à l'ensemble de la communauté ALAT, pouvez-vous nous les décrire ? »** (Question posée lors des entretiens semi-directifs).

**Cependant, et c'est le résultat principal du travail de cette étape de notre recherche, aucune personne n'a avancé l'inexistence de blocage. Toutes ont listé explicitement jusqu'à quatre types de blocages qui les empêchent (volontairement ou non) de diffuser leurs bricolages.**

**Les réponses furent unanimes et peuvent se classer dans deux catégories : l'autocensure et l'inactivation volontaire ou involontaire du canal d'information RETEX adéquate.**

Ces modèles mettent en avant deux notions particulièrement importantes : **la présence d'observateurs dédiés à la captation des observations** (missions ponctuelles d'experts extérieurs ou présence d'observateurs intégrés comme les *Knowledge Officers* de l'armée israélienne tout au long d'un conflit) et **la vérification du changement désiré des comportements des personnels concernés par cette observation.**

Même si certaines actions présentées dans nos travaux couvrent la totalité du modèle, **nos résultats de recherche s'intéressent uniquement à ses deux premières étapes, soit la phase d'analyse.** En effet, la réponse à notre seconde sous-question de recherche permet d'adapter la méthodologie otanienne de LL pour faciliter la mise en évidence des bricolages et la première sous-question de recherche traite de leurs différents niveaux d'analyse (chapitre 7).

Le RETEXA n'est pas une énième méthode de RETEX mais une adaptation du modèle de *Lessons Learned* de l'OTAN qui libère les équipages de la gestion administrative des RETEX tout en garantissant à la hiérarchie militaire des aides aux choix d'évolutions (du SI – NEB dans notre contexte) grâce à des analyses poussées des bricolages.

## Chapitre 9

### Limites et perspectives

**Nous avons identifié trois limites à nos travaux : la généralisation des résultats, les limites propres au chercheur et la confrontation à l'histoire immédiate.**

**Il faut donc considérer cette monographie avec ses défauts inhérents à son contexte spatio-temporel comme un préalable nécessaire à d'autres études de cas comparatives.** C'est en ce sens que les résultats de notre recherche peuvent être considérés comme généralisables.

**Les compétences fondamentales des militaires devront évoluer si nous voulons bénéficier des atouts de la guerre en réseau, c'est-à-dire de nouvelles capacités collectives, tout en (re)connaissant ses limites.** Ce thème nous paraît d'autant plus important qu'il touche aux notions de fiabilité et de résilience organisationnelles et, *in fine*, à la réussite ou non des missions de combat futures.

# Conclusion

Alors que la Numérisation de l'Espace de Bataille détient potentiellement les fondements d'un changement majeur de paradigme dans l'idéologie militaire, les Sciences Humaines et Sociales sont paradoxalement et malheureusement absentes dans l'étude de ce concept, qu'il soit vu comme un processus de changement organisationnel ou comme le résultat d'un nouveau design organisationnel. L'enjeu principal de nos travaux est de démontrer toute la pertinence de penser la NEB par le prisme des Sciences de Gestion et plus particulièrement par celui des Systèmes d'Information afin de s'extraire définitivement de la spirale technocentrique actuelle.

Nous avons alors choisi comme point de départ de notre recherche les usages émergents développés au contact du MPME par les pilotes d'hélicoptères. Ces derniers nous semblent les plus à même de nous indiquer la direction que devraient suivre les évolutions du Système d'Information. Ces équipages sont des experts dans leur domaine et aucun ingénieur, aussi compétent soit-il dans la conception d'outils informatiques ou d'architectures de systèmes, n'est capable d'imaginer les implications et conséquences de ces nouvelles technologies dans les tâches des aérocombattants, dans le Système d'Information et dans l'organisation militaire.

**Nos résultats montrent que les usages émergents peuvent participer à l'évolution du SI à la condition première de mettre en place une méthodologie de RETEX Accompagné afin de les rendre visible. Ces usages émergents doivent ensuite être considérés comme des bricolages afin de rendre compte de leur finalité opérationnelle pour les opérateurs. Enfin, il convient de les analyser selon la perspective théorique de la sociomatérialité combinée avec le cadre épistémologique du Réalisme Critique pour révéler les contraintes et tensions sous-jacentes entre certains principes fondamentaux (voire fondateurs) de l'organisation et son SI.**

- **Apports théoriques et méthodologiques**

Le premier apport théorique est la combinaison originale du concept de sociomatérialité avec le cadre épistémologique du Réalisme Critique. En effet, la sociomatérialité nous oblige à ne plus séparer la dimension technologique et la dimension sociale d'un SI afin d'étudier leurs imbrications mutuelles. Le RC nous offre la structure théorique qui permet d'opérationnaliser cette notion grâce aux capacités d'abstraction de sa stratification ontologique verticale au lieu de la conception duale et classique des systèmes sociotechniques. Cette approche, lorsqu'elle est rapportée aux bricolages, nous amène finalement très loin dans les « profondeurs » de l'organisation par l'identification d'incohérences entre les fondements mêmes de l'organisation et son SI. *Ipso facto*, en découle un deuxième apport théorique qui avance l'existence d'un lien entre les bricolages et les possibilités d'évolution du Système d'Information dans son ensemble. Nos travaux réintroduisent aussi un certain poids causal de la technologie dans les activités professionnelles tout en rejetant tout déterminisme technologique mécaniste. Le troisième apport touche au *Knowledge Management* en comblant un vide entre les méthodologies de RETEX traditionnelles dépendantes des individus et les méthodologies de RETEX informelles mises en œuvre par certains chercheurs. En effet, notre procédure de RETEX « Accompagné » permet d'une part de s'appuyer sur une démarche légitime aux yeux de l'organisation et d'autre part de capturer sur le terrain des données difficilement formalisables *a posteriori* par les opérateurs. Enfin, le quatrième et dernier apport théorique concerne l'ouverture d'un nouveau terrain de recherche pour les Sciences de Gestion grâce à un premier travail historique et de synthèse sur le processus de numérisation des armées modernes.

- **Apports managériaux**

Les apports managériaux traitent en premier lieu de l'efficacité avérée de la NEB pour l'aérocombat. Les expérimentations réalisées sur le simulateur EDITH ont prouvé que certaines fonctions comme la géolocalisation des unités amies participaient directement à la réussite de la mission. Ce résultat permet par exemple de s'extraire d'une vision caricaturale de l'inutilité de la NEB dans les guerres dites asymétriques : l'intérêt de la CP est tout aussi important pour la coordination entre moyens militaires alliés que pour le déroulement des actions au contact de l'ennemi. Cela étant, cette approche expérimentale a aussi mis en évidence une nouvelle voie de réflexion pour l'institution militaire sur le Système

d'Information non plus uniquement perçu comme un synonyme de système informatique. Les bricolages peuvent dans ce contexte être de vrais révélateurs de difficultés dans les activités des équipages mais aussi des catalyseurs pour des évolutions pertinentes du SI. L'apport managérial suivant est l'amendement du modèle de *Lessons Learned* de l'OTAN afin qu'il puisse intégrer l'observation et l'analyse des bricolages développés par les opérateurs. Cette méthodologie a eu pour conséquence inattendue l'enrichissement du travail des Instructeurs Sol du Personnel Navigant (ISPN) en leur offrant des fonctions de *Knowledge Manager*, différenciatrices de celles des pilotes instructeurs. Enfin, compte-tenu de l'imbrication inextricable des composants du SI dans le contexte de la guerre en réseau, il paraît indispensable de viser une homogénéité de la technologie pour bénéficier d'une économie d'échelle, que ce soit en termes d'achat de matériels mais aussi de coûts de formation. L'ALAT devrait intégrer le programme SCORPION et implémenter SICS dans ses appareils, tout simplement parce que l'aérocombat fait partie du triptyque des Armes de contact et que ses équipages suivent les mêmes enseignements militaires fondamentaux.

Au terme de cette aventure débutée il y a maintenant trois ans, nous espérons modestement avoir contribué d'une façon bien imparfaite, nous en sommes conscient, au développement des connaissances en SI ou, du moins, avoir donné envie à d'autres chercheurs en Sciences Humaines et Sociales de s'intéresser à la NEB. En effet, le *Network-Centric Warfare*, la Numérisation de l'Espace de Bataille et l'infovalorisation ne sont ni des innovations technologiques ni de simples modes managériales mais de nouvelles capacités collectives et organisationnelles à inventer au travers d'un design organisationnel à imaginer. Gageons que la NEB est un terreau fertile pour de futures recherches passionnantes et mutuellement profitables pour les mondes académique et praxéologique. Il faudra toutefois accepter sa complexité naturelle et quitter le formalisme simplificateur et sécurisant de l'algorithmique binaire.

# Table des matières

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Sommaire .....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>Liste des figures .....</b>   | <b>8</b>  |
| <b>Liste des tableaux .....</b>  | <b>11</b> |
| <b>Liste des encadrés .....</b>  | <b>12</b> |
| <b>Introduction .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>1<sup>ère</sup> partie</b>  |           |
| <b>Légitimité d'une recherche en Systèmes d'Information .....</b>            | <b>19</b> |
| Chapitre 1 La recherche en Systèmes d'Information .....                      | 22        |
| <i>Section 1.1 Les tensions qui animent le SI .....</i>                      | <i>24</i> |
| <i>Section 1.2 « SI », un digramme cryptique.....</i>                        | <i>29</i> |
| 1.2.1. Le Système d'Information académique.....                              | 29        |
| 1.2.2. Le Système d'Information militaire .....                              | 31        |
| Chapitre 2 Design général de la recherche .....                              | 36        |
| <i>Section 2.1 Les choix méthodologiques.....</i>                            | <i>38</i> |
| 2.1.1. Problématique générale .....  | 38        |
| 2.1.2. Type de recherche.....  | 38        |
| 2.1.3. Méthodologie, question de recherche et concepts mobilisés.....        | 40        |
| <i>Section 2.2 Cadre épistémologique .....</i>                               | <i>44</i> |
| Chapitre 3 L'Aviation Légère de l'Armée de Terre, une Arme en mutation ..... | 49        |
| <i>Section 3.1 L'ALAT, état des lieux .....</i>                              | <i>51</i> |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.1.1. Structure de l'Arme .....                                | 51        |
| 3.1.2. Principes d'emploi des aéronefs .....                    | 54        |
| a. La fonction « Contact » .....                                | 55        |
| b. Niveaux décisionnels et manœuvre aéroterrestre .....         | 56        |
| c. Les vols particuliers de l'ALAT .....                        | 58        |
| 3.1.3. Évolutions en cours .....                                | 59        |
| a. Une nouvelle génération d'aéronefs .....                     | 59        |
| b. Une simulation de grande envergure .....                     | 61        |
| c. Numérisation des unités ALAT .....                           | 62        |
| 3.1.4. Terrain de recherche .....                               | 63        |
| a. La Base École Général Lejay.....                             | 64        |
| b. L'Espace d'Instruction Collective NEB – SIMU .....           | 65        |
| <i>Section 3.2 Modélisation d'une mission ALAT.....</i>         | <i>72</i> |
| 3.2.1. 1 <sup>er</sup> niveau : schéma général.....             | 73        |
| 3.2.2. 2 <sup>ème</sup> niveau : processus intermédiaires ..... | 73        |
| a. Concept de Préparation de Mission .....                      | 74        |
| b. La Préparation de Mission informatisée .....                 | 75        |
| c. L'Analyse Après Action .....                                 | 77        |
| 3.2.3. 3 <sup>ème</sup> niveau : processus C2 et CV .....       | 77        |
| 3.2.4. Déroulement générique d'une mission ALAT .....           | 77        |
| a. Conception de la mission.....                                | 78        |
| b. Conduite de la mission .....                                 | 80        |
| c. Fin de la mission.....                                       | 80        |

## 2<sup>ème</sup> partie

### Les opérations réseau-centrées : nouvelle théorie de la guerre ..... 88

|   |     |
|---|-----|
| Chapitre 4 La guerre en réseau ou la céleustique du XXI <sup>ème</sup> siècle ..... | 91  |
| <i>Section 4.1 Un historique du Network-Centric Warfare</i> .....                   | 93  |
| 4.1.1. Le concept de Network-Centric Warfare.....                                   | 93  |
| a. Du « <i>Digitization of the Battlefield</i> » au concept de NCW .....            | 93  |
| b. Conséquences militaires du NCW .....   | 98  |
| c. Les 6 mythes persistants du NCW .....  | 105 |
| d. « <i>Battlefield Digitization</i> » et « <i>Global Information Grid</i> ».....   | 111 |
| 4.1.2. Le concept capital d'interopérabilité .....                                  | 113 |
| 4.1.3. L'Australie : un exemple pragmatique de concrétisation du NCW.....           | 115 |
| <i>Section 4.2 La Numérisation des Forces Terrestres françaises</i> .....           | 120 |
| 4.2.1. Les spécificités de la numérisation de l'armée de Terre .....                | 122 |
| 4.2.2. La Numérisation de l'Espace de Bataille .....                                | 124 |
| a. La NEB comme fédération des Systèmes d'Information .....                         | 125 |
| b. Les SIOC composant la fédération NEB.....  | 126 |
| c. Une interopérabilité utopique .....  | 130 |
| 4.2.3. L'infovalorisation .....   | 131 |
| a. SCORPION, le programme d'ensemble des 20 prochaines années .....                 | 133 |
| b. Le SICS, véritable PGI .....   | 135 |
| c. Évolution conceptuelle de l'infovalorisation.....                                | 138 |
| Chapitre 5 La NumALAT ou la numérisation de l'aérocombat .....                      | 142 |
| <i>Section 5.1 Les systèmes embarqués</i> .....                                     | 144 |

|   |            |
|---|------------|
| 5.1.1. Architecture générale.....   | 144        |
| 5.1.2. Les Système d'Information Terminaux de l'ALAT .....                                  | 145        |
| a. Le précurseur du SITALAT : EURONAV III .....   | 148        |
| b. Le SITALAT .....   | 150        |
| <i>Section 5.2 Les dispositifs de préparation et de restitution de mission.....</i>         | <i>154</i> |
| 5.2.1. La solution à base du SIG GeoConcept.....  | 154        |
| a. Généralités .....  | 154        |
| b. Limites du triptyque GeoConcept VirtualGeo EURONAV III.....                              | 156        |
| 5.2.2. Le Module de Préparation de Mission des Équipages.....                               | 157        |
| a. Le travail collaboratif.....   | 161        |
| b. Un outil fédérateur.....   | 161        |
| c. Un interfaçage complet et intégrateur.....   | 162        |
| 5.2.3. Infovalorisation et NumALAT .....  | 162        |
| Chapitre 6 Du prescrit au réel, le cas du MPME .....  | 165        |
| <i>Section 6.1 Impacts du MPME sur la mission.....</i>                                      | <i>167</i> |
| 6.1.1 Objectif des expérimentations .....   | 167        |
| 6.1.2 Résultats des expérimentations.....   | 170        |
| <i>Section 6.2 Découverte des usages émergents .....</i>                                    | <i>173</i> |
| <b>3<sup>ème</sup> partie</b>   |            |
| <b>La sociomatérialité comme cadre d'analyse des usages émergents .....</b>                 | <b>182</b> |
| Chapitre 7 Du nécessaire dépassement du concept d'appropriation .....                       | 185        |
| <i>Section 7.1 Le bricolage comme une extension au concept dual de l'appropriation.....</i> | <i>187</i> |
| 7.1.1. L'appropriation dans la littérature académique .....                                 | 187        |

|   |            |
|---|------------|
| a. La flexibilité instrumentale comme axiome de l'appropriation.....                              | 189        |
| b. De la flexibilité instrumentale au « bricolage ».....  | 192        |
| 7.1.2. L'appropriation dans la littérature professionnelle.....                                   | 194        |
| a. L'appropriation militaire vue comme un ordre.....  | 194        |
| b. Une dimension sociale pourtant naissante.....  | 195        |
| <i>Section 7.2 Trois perspectives théoriques pour lier les bricolages au SI .....</i>             | <i>197</i> |
| 7.2.1. La vision technocentrée .....  | 198        |
| 7.2.2. La vision émergente.....   | 198        |
| 7.2.3. La vision sociomatérielle.....   | 200        |
| Chapitre 8 Résultats de la recherche.....   | 205        |
| <i>Section 8.1 Intégrer l'invisible .....</i>   | <i>207</i> |
| 8.1.1. Analyse de bricolages réels .....  | 207        |
| a. Apparition de dispositifs non officiels.....   | 207        |
| b. Hybridation de pratiques anciennes avec le MPME.....   | 210        |
| c. Emploi entrecroisé MPME / EDITH .....  | 213        |
| d. Synthèse des analyses des bricolages .....   | 218        |
| 8.1.2. De nouvelles perspectives d'évolutions du SI par la prise en compte des<br>bricolages..... | 220        |
| a. L'analyse technocentrée des bricolages.....  | 220        |
| b. L'analyse sociotechnique des bricolages.....   | 221        |
| c. L'analyse sociomatérielle des bricolages .....   | 223        |
| <i>Section 8.2 Implication managériale sur les méthodes de RETEX.....</i>                         | <i>227</i> |
| 8.2.1. Le RETEX dans l'armée de Terre française.....  | 227        |

|   |            |
|---|------------|
| 8.2.2. Les blocages actuels du RETEX classique.....   | 230        |
| a. Entretiens semi-directifs .....  | 231        |
| b. De l'intérêt de la mise en évidence des bricolages .....                                 | 232        |
| c. Résultats des entretiens semi-directifs .....  | 234        |
| 8.2.3. Les modèles de Lessons Learned .....   | 237        |
| a. Processus de LL de l'armée américaine .....  | 237        |
| b. Le modèle de <i>Lessons-Learned</i> de l'OTAN.....                                       | 241        |
| c. Définition et cadre général du RETEXA .....  | 247        |
| Chapitre 9 Limites et perspectives.....   | 253        |
| <i>Section 9.1 Les limites intrinsèques aux études de cas .....</i>                         | <i>255</i> |
| 9.1.1. Limites d'une monographie.....   | 255        |
| 9.1.2. Limites propres au chercheur .....   | 256        |
| 9.1.3. Le problème de l'« histoire immédiate ».....   | 256        |
| <i>Section 9.2 Des opportunités de recherches pour les Sciences Humaines et Sociales ..</i> | <i>258</i> |
| 9.2.1. Une dérive stratégique pleine d'opportunités .....                                   | 258        |
| a. Une distance industriels / opérationnels trop importante ?.....                          | 258        |
| b. La NEB sonne-t-elle le glas de l'esprit militaire français ?.....                        | 260        |
| 9.2.2. Quelle(s) place(s) pour les Facteurs Humains ? .....                                 | 262        |
| a. Le début des Facteurs Humains en Systèmes d'Information.....                             | 262        |
| b. Les FH dans l'infovalorisation, les grands oubliés.....                                  | 263        |
| <b>Conclusion.....</b>  | <b>271</b> |
| <b>Table des matières .....</b>   | <b>274</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Bibliographie.....</b>                           | <b>281</b> |
| <b>Annexes.....</b>                                 | <b>318</b> |
| Annexe 1 Glossaire des notions importantes.....     | 319        |
| Annexe 2 Modélisation d’une mission ALAT .....      | 321        |
| Annexe 3 Cadre chronologique de la recherche .....  | 323        |
| Annexe 4 Acronymes et sigles .....                  | 324        |
| Annexe 5 Expérimentations NumALAT EDITH.....        | 330        |
| Annexe 6 Tableau des réponses aux entretiens .....  | 333        |
| Annexe 7 NCW : its origins and future .....         | 334        |
| Annexe 8 Système de simulation EDITH V3.....        | 346        |
| Annexe 9 Autorisation d’inscription en thèse .....  | 348        |
| Annexe 10 Certificat de qualification FNPT III..... | 349        |

# Bibliographie

- A -

- Abid, L., 2012. La greffe des outils de gestion dans les hôpitaux publics tunisiens. *Management & Avenir*, 4(54), pp. 107-125.
- Ackerman, R. K., 2006. Unclassified Information New Key to Network Centricity: new missions require sharing among new friends. *Signal*, Septembre, 61(1), pp. 47-51.
- Adams, G., Ben-Ari, G., Logsdon, J. M. & Williamson, R. A., 2012. *Bridging the Gap: European C4ISR Capabilities and Transatlantic Interoperability*. Washington: CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Akrich, M., 1993. Les objets techniques et leurs utilisateurs, de la conception à l'action. *Raisons pratiques*, Issue 4, pp. 35-57.
- Akrich, M., 1998. Les utilisateurs, acteurs de l'innovation. *Éducation permanente*, Issue 134, pp. 79-89.
- Akrich, M., 2006. Les utilisateurs, acteurs de l'innovation. Dans: *Sociologie de la traduction : textes fondateurs*. Paris: Presses de l'École des Mines, pp. 159-178.
- Alberts (dir), D. S. & Papp (dir.), D. S., 2001. *Information Age Anthology: The Information Age Military*. Washington: CCRP Publication Series.
- Alberts, D. S., 2002. *Information Age Transformation Getting to a 21st Century Military*. Whashington: CCRP Publication Series.
- Alberts, D. S., Garstka, J. J. & Stein, F. P., 1999. *Network Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority*. 2e éd. Washington: CCRP Publication Series.
- Alberts, D. S. & Hayes, R. E., 2003. *Power to the Edge: Command and Control in the Information Age*. Washington: CCRP Publication Series.
- Alberts, D. S., Huber, R. K. & Moffat, J., 2010. *NATO NEC C2 maturity model*. Washington: CCRP Publication Series.

- Allied Command Transformation (NATO), 2011. *Nato Network Enabled Capability (NNEC) Conference*. Helsinki, s.n.
- Allport, C. D. & Kerler III, W. A., 2003. A research note regarding the development of the consensus on appropriation scale. *Information Systems Research*, 14(4), pp. 356-359.
- Alter, N., 2000. *L'innovation ordinaire*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Alter, N., 2010. *L'innovation ordinaire*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Amalberti, R., 1991. *Séminaire OACI*. Douala, s.n.
- Amalberti, R., 2001. *La conduite de systèmes à risques*. 2e éd. Paris: Presses Universitaires de France.
- Amalberti, R., 2001. The paradoxes of almost totally safe transportation systems. *Safety Science*, Issue 37, pp. 109-126.
- Amalberti, R., 2002. Les effets pervers de l'ultra-sécurité en médecine. *Revue hospitalière de France*, Novembre - Décembre, Issue 489, pp. 7-17.
- Armée canadienne, 2011. *Centre des Leçons Retenues de l'Armée*. [En ligne]  
Available at: [http://armyapp.forces.gc.ca/ALLC-CLRA/aar/aar\\_terminology-fra.asp](http://armyapp.forces.gc.ca/ALLC-CLRA/aar/aar_terminology-fra.asp)  
[Accès le 10 01 2012].
- Armée de Terre, 2007. *Les Forces Terrestres dans les conflits d'aujourd'hui et de demain*. Paris: Économica.
- Armée de Terre, 2008. *Tactique générale*. Paris: Économica.
- Armée de Terre, 2010. *La Numérisation de l'Espace de Bataille*. Paris, Journée d'information NEB.
- Arquilla, J., 2011. From Blitzkrieg to Bitskrieg: The Military Encounter with Computers. *Communications of the ACM*, Octobre, 54(10), pp. 58-65.
- Asencio, M., 2007. Opérations en réseau et nouveaux conflits. Dans: P. Pascallon (Dir.), éd. *Les armées françaises à l'aube du XXIe siècle : Tome 5, Les armées françaises à l'heure de l'interarmisation et de la multinationalisation*. Paris: L'Harmattan.

- Aubouin, N., Coblence, E. & Kletz, F., 2012. Les outils de gestion dans les organisations culturelles : de la critique artiste au management de la création. *Management & Avenir*, 4(54), pp. 191-214.
- Auriault, H., 2011. L'aérocombat : une capacité majeure de la manoeuvre interarmes aujourd'hui et demain. *Doctrine Tactique*, Issue 22, pp. 4-5.
- Australian Government Department of Defence, 2006. *Explaining NCW*, Canberra: Defence Publishing Service.
- Australian Government Department of Defense, 2005. *NCW Roadmap 2005*, Canberra: Defence Publishing Service.
- Australian Government Department of Defense, 2007. *NCW Roadmap 2007*, Canberra: Defence Publishing Service.
- Australian Government Department of Defense, 2009. *NCW Roadmap 2009*, Canberra: Defence Publishing Service.
- Australian Government Department of Defense, 2011. *Defence Simulation Strategy and Roadmap*, Canberra: Defence Publishing Service.
- Avenier, M.-J., 2011. Les paradigmes épistémologiques constructivistes : post-modernisme ou pragmatisme ?. *Management & Avenir*, 3(43), pp. 372-391.
- Avenier, M.-J. & Gavard-Perret, M.-L., 2012. Inscrire son projet de recherche dans un cadre épistémologique. Dans: M. Gavard-Perret, D. Gotteland, C. Haon & A. Jolibert, édés. *Méthodologies de la recherche en Sciences de Gestion Réussir son mémoire ou sa thèse*. Montreuil: Pearson, pp. 11-62.
- Ayachi, H., 2007. L'adéquation entre le système d'information et la veille stratégique dans une activité de construction de sens. *Management & Avenir*, Issue 12, pp. 49-66.
- Azan, W. & Beldi, A., 2009. Apport de la théorie de l'action humaine à la compréhension des usages des Systèmes d'Information. *Systèmes d'Information et Management*, 13(3), pp. 79-127.
- Azan, W. & Beldi, A., 2010. De la cybernétique à la théorie de la human agency : vers un management des SI centré sur les utilisateurs. *Management & Avenir*, 9(39), pp. 192-212.

- B -

- Babeau, O. & Chanlat, J.-F., 2011. Déviance ordinaire, innovation et gestion, l'apport de Norbert Alter. *Revue française de gestion*, 1(210), pp. 33-50.
- Baird, L., Henderson, J. & Watts, S., 1997. Learning from action: an analysis of the Center for Army Lessons Learned (CALL). *Human Resource Management*, 36(4), pp. 385-395.
- Baker, T. & Nelson, R., 2005. Creating something from nothing: resource construction through entrepreneurial bricolage. *Administrative Science Quarterly*, 50(3), pp. 329-366.
- Barad, K., 2003. Posthumanist performativity: toward an understanding of how matter comes to matter. *Signs: Journal of Woman in Culture and Society*, 28(3), pp. 801-831.
- Barbaroux, P., 2010. Modularité de l'organisation et design des organisations adaptatives : une analyse de la transformation des organisations de défense américaines. *Innovations*, Issue 31, pp. 33-50.
- Barbaroux, P. & Godé-Sanchez, C., 2011. Usages des TIC et complexité du contexte : l'usage du text-chat par les forces de l'OTAN en Afghanistan. Dans: *Univers virtuels et environnements collaboratifs : visions multidisciplinaires théoriques et pratiques*. Paris: Lavoisier, pp. 59-73.
- Barcenilla, J. & Bastien, J.-M.-C., 2009. L'acceptabilité des nouvelles technologies : quelles relations avec l'ergonomie, l'utilisabilité et l'expérience utilisateur ? *Le travail humain*, 72(4), pp. 311-331.
- Baskerville, R. L. & Myers, M. D., 2002. Information Systems as a Reference Discipline. *MIS Quarterly*, 26(1), pp. 1-14.
- Bastien, I., 2005. L'Europe de la défense à la croisée des chemins ? *Critique internationale*, Issue 26, pp. 45-55.
- Baud, M., 2012. La cyberguerre n'aura pas lieu, mais il faut s'y préparer. *Politique étrangère*, 77(2), pp. 305-316.
- Baumard, P., 1996. *Perspectives en management stratégique*. Paris: Economica.

- Beard, J. W. & Peterson, T. O., 1988. A taxonomy for the Study of Human Factors in Management Information Systems (MIS). Dans: *Human factors in management information systems*. Norwood: Ablex Publishing Corporation, pp. 7-25.
- Beaudry, A. & Pinsonneault, A., 2005. Understanding User Responses to Information Technology: A Coping Model of User Adaptation. *MIS Quarterly*, 29(3), pp. 493-524.
- Bédar, S., 2002. infodominance et globalisation. *Les cahiers du numérique*, 3(1), pp. 43-60.
- Bédé, D., Bédé, S., Fiorello, A. & Maumon, N., 2012. L'appropriation d'un outil de gestion de la qualité à travers le prisme de la légitimité : le cas d'un Institut d'Administration des Entreprises. *Management & Avenir*, 4(54), pp. 83-106.
- Béguin, P. & Cerf, M., 2004. Formes et enjeux de l'analyse de l'activité pour la conception des systèmes de travail. *Activités*, 1(1), pp. 54-71.
- Béguin, P. & Rabardel, P., 2000. *Concevoir pour les activités instrumentées*. Rouen, Colloque de Psychologie et Ergonomie Cognitive des Systèmes Complexes PEC'2000.
- Ben Aissa, H., 2005. *Histoire des conditions de travail dans le monde industriel en France : 1848-2000*. Paris: L'Harmattan.
- Benbasat, I. & Zmud, R. W., 2003. The Identity Crisis Within the IS Discipline: Defining and Communicating the Discipline's Core Properties. *MIS Quarterly*, 27(2), pp. 183-194.
- Bentégeat, H., 2011. *Les opérations militaires du 21ème siècle. La numérisation de l'espace de bataille "Université du SI"*. [En ligne]  
Available at: <http://www.usievents.com/fr/conferences/8-paris-usi-2011/sessions/977-les-operations-militaires-du-21e-siecle-la-numerisation-de-l-espace-de-bataille>  
[Accès le 20 mai 2012].
- Bergeron, M., 1993. *Vocabulaire de la géomatique*. Québec: Office de la langue française.
- Bersani, P.-H., 2012. *SCORPION et SICS* [Interview] (29 Août 2012).
- Berthélémy, M. & Aubert, J.-P., 2007. La base mutante. *Le journal de l'école de Paris du management*, Issue 65, pp. 16-22.
- Besson, P., 1999. Les ERP à l'épreuve de l'organisation. *Systèmes d'Information et Management*, 4(4), pp. 21-51.

- Bhaskar, R., 1998. Philosophy and Scientific Realism. Dans: *Critical Realism: Essential Readings*. New-York: Routledge, pp. 16-47.
- Bidan, M., 2011. Acteurs et gouvernance du Système d'Information. Dans: J. Thevenot, éd. *Master Système d'Information*. Paris: Éditions ESKA, pp. 65-85.
- Bidan, M., 2011. Intégration du Système d'Information. Dans: J. Thevenot, éd. *Master Système d'Information*. Paris: Édition ESKA, pp. 253-278.
- Bihan, B., 2012. Faut-il repenser la manoeuvre aéroterrestre. *Défense & Sécurité Internationale*, Issue Hors-Série 24, pp. 40-46.
- Blaker, J. R., 2007. *Transforming Military Force, the legacy of Arthur Cebrowski and Network Centric Warfare*. London: Praeger Security International.
- Blondeau, C., 2007. La C3D et les opérations. *Doctrine, revue d'études générale*, Issue 14.
- Bobiller-Chaumon, M. & Dubois, M., 2009. L'adoption des technologies en situation professionnelle : quelles articulations possibles entre acceptabilité et acceptation ?. *Le travail humain*, 72(4), pp. 355-382.
- Bostrom, R. P. & Heinen, J. S., 1977a. MIS Problems and Failures: A Socio-Technical Perspective PART I: THE CAUSES. *MIS Quarterly*, 1(3), pp. 17-32.
- Bostrom, R. P. & Heinen, J. S., 1977b. MIS Problems and Failures: A Socio-Technical Perspective PART II: The Application of Socio-Technical Theory. *MIS Quarterly*, 1(4), pp. 11-28.
- Boudreau, M.-C. & Robey, D., 2005. Enacting Integrated Information Technology: A human Agency Perspective. *Organization Science*, 16(1), pp. 3-18.
- Bougon, M. G., 1992. Congregate cognitive maps: a unified dynamic. *Journal of Management Studies*, 29(3), pp. 369-389.
- Boulangier, P., 2011. Renseignement géographique et culture militaire. *Hérodote*, Issue 140, pp. 47-63.
- Bradley, J., 2012. If we build it they will come? The Technology Acceptance Model. Dans: Springer, éd. *Information Systems Theory: explaining and predicting our digital society*. New-York: s.n., pp. 19-36.

Brangier, E., Dufresne, A. & Hammes-Adelé, S., 2009. Approche symbiotique de la relation humain-technologie : perspectives pour l'ergonomie informatique. *La travail humain*, 72(4), pp. 333-353.

Bricet des Vallons, G.-H., 2007. L'arme non létale dans la stratégie militaire des États-Unis : imaginaire stratégique et genèse de l'armement. *Cultures & Conflits [en ligne]*, Issue 67, pp. 63-82.

Brusco, M., 2011. Comment pérenniser les acquis de la NEB ? *Héraclès*, Décembre, Issue 45, pp. 15-16.

Brustlein, C., 2011. Apprendre ou disparaître ? Le retour d'expérience dans les armées occidentales. *Focus stratégique*, Octobre, Issue 33.

Bury, P., 2012. La "triade de l'infanterie" : désormais une réalité pour l'armée de Terre. *Héraclès*, Juillet, Issue 47, pp. 14-15.

Busson-Villa, F. & Gallopel-Morvan, K., 2012. La normalisation des associations : quelle efficacité pour rassurer les parties prenantes ? *Management & Avenir*, 4(54), pp. 168-190.

- C -

Cahier, J.-P., 2011. Web 2.0, Serious Game : quelle structure de connaissances pour les espaces virtuels participatifs ? Dans: *Univers virtuels et environnements collaboratifs, visions multidisciplinaires théoriques et pratiques*. Paris: Lavoisier, pp. 243-264.

Cammons, D., Tisserand, J. B., Williams, D. E. & Seise, A. L. D., s.d. *Network Centric Warfare Case Study: Volume I: Operations (during Iraki Freedom)*. [En ligne]

Available at:

<http://www.carlisle.army.mil/dime/documents/NCWCS%20Volume%20I%20%28web%20version%29.pdf>

[Accès le 2 Juin 2012].

Cardine, C. V., 1994. *Digitization of the battlefield*, Carlisle: US Army War College.

Cardon, D., 2005. Innovation par l'usage. Dans: *Enjeux de mots : regards multiculturels sur les sociétés de l'information*. Paris: C&F Éditions.

- Cares, J., 2005. *Distributed Networked Operations, The foundations of Network Centric Warfare*. Lincoln: Alidade Press.
- Carey, J. M., 1991. A taxonomy and definition for HFIS. Dans: *Human Factors in Information Systems: an organizational perspective*. Norwood: Ablex Publishing Corporation, pp. 1-11.
- Carrara, G. & Fioravanti, A., 2011. Modèle conceptuel visant à améliorer la qualité de la conception des systèmes complexes de bâtiments au moyen d'une collaboration renforcée par les TIC. Dans: *Univers virtuels et environnements collaboratifs, visions multidisciplinaires théoriques et pratiques*. Paris: Lavoisier, pp. 75-103.
- Carugati, A., Morelli, C. & Giangreco, A., 2010. Socio-Materiality as Lens to Study IT Driven Change. Dans: A. D'Atri & D. Saccà, édés. *Information Systems: People, Organizations, Institutions, and Technologies*. Berlin: Springer-Verlag, pp. 441-449.
- Cebrowski, A. K. & Gartska, J. J., 1998. Network-Centric Warfare: Its Origin and Future. *Proceedings of the U.S. Naval Institute*, January.
- Center for Army Lessons Learned, 2011. *Establishing a Lessons Learned Program*. Fort Leavenworth: Jenny Solon.
- Centre de Doctrine d'Emploi des Forces, 2007a. *FT-01 Gagner la bataille, Conduire à la paix : les forces terrestres dans les conflits d'aujourd'hui et demain*. Paris: Armée de Terre.
- Centre de Doctrine d'Emploi des Forces, 2007b. *Rapport d'expérimentation tactique sur le Numérisation de l'Espace de Bataille 12ème mandat Licorne*, Paris: Armée de Terre.
- Centre de Doctrine d'Emploi des Forces, 2008a. *FT-02 Tactique générale*. Paris: Armée de Terre.
- Centre de Doctrine d'Emploi des Forces, 2008b. *TTA 106 Glossaire de termes, sigles, signes et symboles conventionnels militaires Tome 1*. Paris: Armée de Terre.
- Centre de Doctrine d'Emploi des Forces, 2011. Le Retour d'Expérience dans l'armée de Terre. *Héraclès*, Issue 44.

Centre de Doctrine d'Emploi des Forces, 2012. La Simulation, des outils modernes au service de la formation, de la préparation et de l'engagement opérationnel. *Doctrine Tactique*, Issue 24.

Centre de Doctrine et d'Emploi des Forces, 2010. *FT-05 L'exercice du commandement en opérations pour les chefs tactiques*. Paris: Armée de Terre.

Centre des Hautes Études de l'Armement, 2009. *Avenir de la simulation pour l'entraînement des forces : quels bénéfices pour le fonctionnement et quelles limites ?*, s.l.: s.n.

Centre Interarmées de Concepts, de Doctrine et d'Expérimentations, 2012. *Glossaire InterArmées de Terminologie Opérationnelle*. [En ligne]  
Available at: [www.cicde.defense.gouv.fr](http://www.cicde.defense.gouv.fr)  
[Accès le 30 07 2012].

Chalmers, M., MacColl, I. & Bell, M., 2003. *Seamful Design: Showing the Seams in Wearable Computing*. Birmingham, IEE Eurowearable '03.

Chareyron, P., 2011. Hoplites numériques. Le combat d'infanterie à l'âge de l'information. *Focus Stratégique*, Avril, Issue 30.

Charue-Duboc, F., Amar, L., Kogan, A.-F. & Raulet-Croset, N., 2011. Usage déviant et dynamique d'évolution d'une offre de service : le cas de la téléassistance pour les personnes âgées. *Gérer et comprendre*, Issue 105, pp. 17-27.

Château Terrisse, P., 2012. Le dispositif de gestion des organisations hybrides, régulateur de logiques institutionnelles hétérogènes ? Le cas du capital-risque solidaire. *Management & Avenir*, 4(54), pp. 145-167.

Chef d'État-Major de l'Armée de Terre, 2011. *Schéma directeur NEB volet stratégique*, Paris: Armée de Terre.

Chief Information Officer, 2008. *NetOps Strategic Vision*, Washington: US Department of Defense.

Ciborra, C., 1992. From thinking to tinkering: the grassroots of strategic information systems. *Information Society*, Issue 8, pp. 297-309.

- Ciborra, C., 1996. The platform organization: recombining strategies, structures and surprises. *Organization Science*, Mars-Avril, 7(2), pp. 103-118.
- Ciborra, C., 1997. De profundis? Deconstructing the concept of strategic alignment. *Scandinavian Journal of Information Systems*, Issue 91, pp. 67-82.
- Ciborra, C., 1998. Crisis and foundations: an inquiry into the nature and limits of models and methods in the information systems discipline. *Journal of Strategic Information Systems*, Issue 7, pp. 5-16.
- Ciborra, C., 1999. Notes on improvisation and time in organizations. *Accounting, Management and Information Technologies*, Issue 9, pp. 77-94.
- Ciborra, C., 2002. *The labyrinths of information: challenging the wisdom of systems*. New-York: Oxford University Press.
- Ciborra, C. & Hanseth, O., 1998. From tool to Gestell: Agendas for managing the information infrastructure. *Information Technology & People*, 11(14), pp. 305-327.
- Clegg, C. W., 2000. Sociotechnical Principles for Systems Design. *Applied Ergonomics*, 31(5), pp. 463-477.
- Coakes, E., 2002. Knowledge Management: A Sociotechnical Perspective. Dans: *Knowledge Management in the SocioTechnical World: The Graffiti Continues*. London: Springer, pp. 4-14.
- Coakes, E., 2003. Socio-Technical Thinking - An Holistic Viewpoint. Dans: *Socio-Technical and Human Cognition Elements of Information Systems*. London: Information Science Publishing, pp. 1-4.
- Coeugnet, S. et al., 2011. La pression temporelle : un phénomène complexe qu'il est urgent d'étudier. *Le travail humain*, 74(2), pp. 157-181.
- Cogan, K. J., De Lucio, R. & Cammons, D., s.d. *Network Centric Warfare Case Study: Volume II: A View of Command, Control, Communications and Computer Architectures at the Dawn of Network Centric Warfare (during Iraki Freedom)*. [En ligne]  
Available at:  
<http://www.carlisle.army.mil/dime/documents/NCWCS%20Volume%20II%20%28web%20v>

[ersion%29.pdf](#)

[Accès le 2 Juin 2012].

Cohen, E. A., 2004. Change and Transformation in Military Affairs. *Journal of Strategic Studies*, 27(3), pp. 395-407.

Collombon, J.-M., 1975. Le processus d'appropriation technologique. *Transferts de technologie*, Issue 27, pp. 104-115.

Cossette, P., 2004. *L'organisation, une perspective cognitiviste*. Saint-Nicolas: Les Presses de l'Université de Laval.

#### - D -

Daft, R. L., Lengel, R. H. & Trevino, L. K., 1987. Message Equivocality, Media Selection, and Manager Performance: Implications for Information Systems. *MIS Quarterly*, 11(3), pp. 355-366.

Danet, D., 2009. *La robotisation du champ de bataille : enjeux d'une rupture technologique*. Ecoles de Coëtquidan, Journée d'étude sur les robots militaires.

Daniellou, F., 2004. L'ergonomie dans la conduite de projets de conception de systèmes de travail. Dans: *Ergonomie*. Paris: Presses Universitaires de France, pp. 359-374.

David, A., 1999. *Logique, épistémologie et méthodologie en sciences de gestion*. Châtenay-Malabry, VIIIème Conférence de l'AIMS.

David, A., 2008a. La recherche-intervention, cadre général pour la recherche en management ?. Dans: 2e, éd. *Les nouvelles fondations des sciences de gestion*. Paris: Vuibert, pp. 193-213.

David, A., 2008b. Logique, épistémologie et méthodologie en sciences de gestion : trois hypothèses revisitées. Dans: *Les nouvelles fondations des sciences de gestion*. Paris: Vuibert, pp. 83-110.

David, A., 2012. La recherche-intervention, cadre général pour la recherche en management ?. Dans: *Les nouvelles fondations des Sciences de Gestion*. 3e éd. Paris: Presses des Mines, pp. 241-264.

Davis, F., Bagozzi, R. & Warshaw, P., 1989. User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8), pp. 982-1003.

- Davis, F. D., 1989. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), pp. 319-340.
- Davis, G. B., 2000. Information Systems conceptual foundations: looking backward and forward. Dans: R. Baskerville, J. Stage & J. DeGross, éd. *Organizational and Social Perspectives on Information Technology*. Boston: Kluwer Academic Publishers, pp. 61-82.
- de Certeau, M., 1990. *L'invention au quotidien I. arts de faire*. Saint-Amand: Gallimard.
- de Crousaz, P., 2008. Israël : la doctrine du "combat disséminé". Vers une sur-violence sans rationalité militaire ?. *A contrario*, 5(1), pp. 76-101.
- de Durand, É., 2003. Révolution dans les affaires militaires, "Révolution" ou "Transformation" ?. *Hérodote*, Issue 109, pp. 57-70.
- de Durand, É., 2011. La "mère" de toutes nos batailles. *Guerres mondiales et conflits contemporains*, Issue 244, pp. 9-30.
- de Durand, É., Michel, B. & Tenenbaum, É., 2011. La guerre des hélicoptères. L'avenir de l'aéromobilité et de l'aérocombat. *Focus Stratégique*, Juin, Issue 32.
- De Neve, A., 2007. Interarmisation et posture RAM. Dans: P. Pascallon (Dir.), éd. *Les armées françaises à l'aube du XXIe siècle : Tome 5, Les armées françaises à l'heure de l'interarmisation et de la multinationalisation*. Paris: L'Harmattan, pp. 101-114.
- de Vaujany, F.-X., 1999. Stylisation de l'appropriation individuelle des technologies Internet à partir de la TSA. *Système d'Information et Management*, 4(1), pp. 57-74.
- de Vaujany, F.-X., 2009a. *Les grandes approches théoriques du Système d'Information*. Paris: Lavoisier.
- de Vaujany, F.-X., 2009b. *Revisiter l'appropriation des outils de gestion : la vision improvisationnelle de Claudio Ciborra*. Lille, XVIIIème Conférence de IAIMS.
- de Vaujany, F.-X., 2011a. Approche stratégique des SI dans les organisations. Dans: *Master Système d'Information*. Paris: Éditions ESKA, pp. 35-63.
- de Vaujany, F.-X., 2011b. Revisiter l'appropriation des outils de gestion : la vision improvisationnelle de Claudio Ciborra. Dans: *Valeurs et outils de gestion : de la dynamique d'appropriation à leur pilotage*. Paris: Lavoisier, pp. 37-58.

de Vaujany, F.-X. & al., 2005. *De la conception à l'usage, vers un management de l'appropriation des outils de gestion*. Éditions EMS: Colombelles.

Defence Science and Technology Organisation, 2005. *Self-synchronisation in military operations*. [En ligne]

Available at: <http://www.dsto.defence.gov.au/research/4051/page/4312/>

[Accès le 29 Juillet 2012].

Defence Science and Technology Organisation, 2006. *Network-Centric Warfare Frequently Asked Questions*. [En ligne]

Available at: <http://www.dsto.defence.gov.au/research/4051/page/4313/>

[Accès le 29 Juillet 2012].

Dejours, C., 2010. *Le Facteur Humain*. 5e éd. Paris: Presses Universitaires de France.

Dekker, A., 2008. *A Taxonomy of Network Centric Warfare Architectures*. [En ligne]

Available at: <http://www.carlisle.army.mil/dime/documents/NCW%20Taxonomy.pdf>

[Accès le 05 Juin 2012].

Delone, W. H. & McLean, E. R., 2003. The DeLone and McLean Model of Information Systems Success: A Ten-Year Update. *Journal of Management Information Systems*, 19(4), pp. 9-30.

Dennis, A. R., Fuller, R. M. & Valacich, J. S., 2008. Media, Tasks, and Communication Processes: A Theory of Media Synchronicity. *MIS Quarterly*, 32(3), pp. 575-600.

Depeyre, C. & Dumez, h., 2007. Le rôle du client dans les stratégies de coopération. *Revue Française de Gestion*, Issue 176, pp. 99-110.

Desanctis, G. & Gallupe, B. R., 1987. A foundation for the study of Group Decision Support Systems. *Management Science*, 33(5), pp. 589-609.

Desanctis, G. & Poole, M. S., 1994. Capturing the Complexity in Advanced Technology Use: Adaptive Structuration Theory. *Organization Science*, 5(2), pp. 121-147.

Direction Générale de l'Armement, 2003. *La DGA présente le combat aéroterrestre en réseau "La bonne info, au bon endroit, au bon moment"*, s.l.: s.n.

Direction Générale de l'Armement, 2010a. *Des équipes de projet et des méthodes de travail*. [En ligne]

Available at: <http://www.defense.gouv.fr/dga/equipement/les-programmes-d-armement/des-equipes-de-projet-et-des-methodes-de-travail>

[Accès le 15 Juillet 2012].

Direction Générale de l'Armement, 2010b. *Programme Scorpion : signature du marché d'architecture*. [En ligne]

Available at: <http://www.defense.gouv.fr/actualites/economie-et-technologie/programme-scorpion-signature-du-marche-d-architecture>

[Accès le 17 Juillet 2012].

Direction Générale de l'Armement, 2012. *La DGA notifie le programme Contact*. [En ligne]

Available at: <http://www.defense.gouv.fr/dga/actualite/la-dga-notifie-le-programme-contact>

[Accès le 17 Juillet 2012].

Doherty, N. F. & King, M., 2003. From the Technical Change to Socio-Technical Change: Towards a Proactive Approach to the Treatment of Organisational Issues. Dans: *Socio-Technical and Human Cognition Elements of Information Systems*. London: Information Science Publishing, pp. 22-40.

Dorange, C., Panel, J. & Piaton, S., 2002. Les NTIC et les transformations du champ de bataille. *Les Cahiers du numérique*, 3(1), pp. 77-106.

Dourish, P., 2003. The appropriation of interactive technologies: some lessons from placeless documents. *Computer Supported Cooperative Work*, 12(4), pp. 465-490.

Dousseau, H., 2011. L'adaptation réactive, naissance d'une fonction. *Héraclès*, Juillet / Août, Issue 44, p. 10.

Drevetton, B., Lande, É. & Portal, M., 2012. Construire un outil de comptabilité de gestion au sein d'une université. Retour sur un acte manqué. *Management & Avenir*, 4(54), pp. 126-144.

Du Plooy, N. F., 2003. The Social Responsibility of Information Systems Developers. Dans: *Socio-Technical and Human Cognition Elements of Information Systems*. London: Information Science Publishing, pp. 41-59.

Dubey, G., 2011. Le Rafale entre réel et virtuel : le cas de la liaison 16. Dans: *Univers virtuels et environnements collaboratifs, visions multidisciplinaires théoriques et pratiques*. Paris: Lavoisier, pp. 207-215.

Dumoilin, A. & Resteigne, D., 2007. Le militaire belge en opérations : aspects politiques et sociologiques. *Courrier hebdomadaire du CRISP*, Issue 1960, pp. 5-48.

Dumoulin, A., 2001. Le "zéro-mort" : entre le slogan et le concept. *Revue Internationale et Stratégique*, 4(44), pp. 17-26.

- E -

Easton, G., 2010. Critical realism in case study research. *Industrial Marketing Management*, 39(1), p. 118–128.

École de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre, 2011. *Manuel Qualité de l'École de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre*. 7e éd. Le Cannet des Maures: s.n.

École des Transmissions, 2012. *Les SIC pour tous*. [En ligne]

Available at:

<http://www.esat.terre.defense.gouv.fr/storage/sicpour tous/Introduction/Default.html>

[Accès le 2012 Juillet 2].

Eggrixx, A., 2012. Réflexion critique sur l'adoption d'outils de gestion par mimétisme : le cas de la LOLF. *Management & Avenir*, 4(54), pp. 61-82.

Endsley, M. R., 1995. Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors*, 37(1), pp. 32-64.

État-Major de l'Armée de Terre, 2010. *Plan de communication NEB 2011*, Paris: Armée de Terre.

European External Action Service, 2012. *EU Military Lessons Learned (LL) Concept*. [En ligne]

Available at: <http://www.statewatch.org/news/2012/apr/eu-military-lessons-eeas-12322-rev1-11.pdf>

[Accès le 17 juin 2012].

- F -

Farrel, T., 2010. Improving in War: Military Adaptation and the British in Helmand, 2006-2009. *The Journal of Strategic Studies*, 33(4), pp. 567-594.

Fauquet-Alekhine (dir.), P. & Pehuet (dir.), N., 2011. *Améliorer la pratique professionnelle par la simulation*. Toulouse: Octares Editions.

Faverge, J.-M., 1970. The Operator's Reliability and Safety in Industry. *Ergonomics*, 13(3), pp. 301-327.

Ferrary, M. & Pesqueux, Y., 2006. *Management de la Connaissance: Knowledge Management, Apprentissage Organisationnel et Société de la Connaissance*. Paris: Économica.

Fillool, C., 2009. *L'entreprise apprenante : le Knowledge Management en question ? Étude de cas chez EDF*. Paris: L'Harmattan.

Flichy, P., 2003. *L'innovation technique, récents développements en sciences sociales : vers une nouvelle théorie de l'innovation*. Paris: Éditions La Découverte.

Foley, R., Griffin, S. & Mc Cartney, H., 2011. Transformation in contact : learning the lessons of modern war. *International Affairs*, 2(87), pp. 253-270.

Foray, D. & Guichard, R., 2001. *Le PEA : nouvel outil de politique technologique et de gestion de l'innovation de défense dans un environnement turbulent*, Paris: Institut pour le Management et la Recherche de l'Innovation.

Forest, C., 2003. *Empowerment skills for family workers: A worker handbook*. New-York: Cornell University.

- G -

Garonne, P., 2005. Peut-on importer la "Révolution dans les Affaires Américaines" ?. *Politique étrangère*, pp. 147-160.

Gaskin, J. & Lyytinen, K., 2012. Psychological Ownership and the Individual Appropriation of Technology. Dans: *Information Systems Theory, explaining and predicting our digital society*. New-York: Srpinger, pp. 51-65.

- Gaudin, T., 2010. Actualité de l'ethnotechnologie. Dans: T. Gaudin & É. Faroult, édés. *L'empreinte de la technique, Ethnotechnologie prospective*. Paris: L'Harmattan, pp. 379-392.
- Gavard-Perret, M.-L., Gotteland, D., Haon, C. & Jolibert, A., 2008. *Méthodologie de la recherche, Réussir son mémoire ou sa thèse en sciences de gestion*. Paris: Pearson Education France.
- Général commandant l'École d'Application de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre, 2008. L'aérocombat : une fonction cohérente et indissociable de l'armée de terre. *Doctrine Tactique*, Issue Numéro spécial, pp. 19-22.
- Gerring, J., 2004. What is a Case Study and What is it good for ?. *American Political Science Review*, 98(2), pp. 341-354.
- Gillet, M. & Gillet, P., 2011. *Les Systèmes d'Information de A à Z, 500 mots pour comprendre*. Paris: Dunod.
- Girin, J., 1989. *L'opportunisme méthodique dans les recherches sur la gestion des organisations*. [En ligne]  
Available at: <http://crg.polytechnique.fr/incunables/Oppportunisme.html>  
[Accès le 3 Juillet 2012].
- Girin, J., 1990. L'analyse empirique des situations de gestion : éléments de théorie et de méthode. Dans: *Épistémologies et Sciences de Gestion*. Paris: Économica, pp. 141-182.
- Giroux, N., 2003. L'étude de cas. Dans: *Conduire un projet de recherche : une perspective qualitative*. Cormelles-le-Royal: EMS, pp. 41-84.
- Godé-Sanchez, C. & Barbaroux, P., 2010. La fabrique des usages technologiques en environnement volatil. *Management & Avenir*, Issue 32, pp. 71-90.
- Gompert, D. C., Lachow, I. & Perkins, J., 2006. *Battle-Wise*. Washington: National Defense University Press.
- Goya, M., 2007. Dix millions de dollars le milicien. *Politique étrangère*, pp. 191-202.
- Gregor, S., 2006. The Nature of Theory in Information Systems. *MIS Quarterly*, 30(3), pp. 611-642.

Greyfié de Bellecombe, C., 2011. L'exploitation ou la valorisation du RETEX. *Héraclès*, Juillet / Août, Issue 44, p. 5.

Grimand, A., 2012. L'appropriation des outils de gestion et ses effets sur les dynamiques organisationnelles : le cas du déploiement d'un référentiel des emplois et des compétences. *Management & Avenir*, 4(54), pp. 237-257.

Grimand, A. & al., 2006. *L'appropriation des outils de gestion*. Saint-Étienne: Publications de l'Université de Saint-Étienne.

Grissom, A., 2006. The Future of Military Innovation Studies. *Journal of Strategic Studies*, 29(5), pp. 905-934.

Grover, V., 2012. The Information Systems Field: Making a Case for Maturity and Contribution. *Journal of the Association for Information Systems*, 13(Special Issue), pp. 254-272.

- H -

Haig, Z., 2003. Network-Centric Warfare and sensor fusion. *AARMS*, 2(2), pp. 245-256.

Hallett, M. et al., 2009. Introduction to the NATO lessons Learned Capability "Transformation Fuel". *The Three Swords Magazine*, Issue 16, pp. 38-45.

Harper, D., 1987. *Working Knowledge: Skill and Community in a Small Shop*. New-York: University of Chicago Press.

Hatchuel, A. & Weil, B., 1992. *L'expert et le système*. Paris: Économica.

Hédoin, C., 2010. Le réalisme critique de Tony Lawson : apports et limites dans une perspective institutionnaliste. *Cahiers d'économie Politique*, 1(58), p. 103 à 131.

Himmelman, A. T., 2001. On coalitions and the Transformation of Power Relations: collaborative betterment and collaborative empowerment. *American Journal of Community Psychology*, 29(2), pp. 277-284.

Hoc, J.-M., 1987. *Psychologie cognitive de la planification*. 1e éd. Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble.

Hollnagel, E., 2009. *The ETTO Principle: Efficiency-Thoroughness Trade-off, why things that go right sometimes go wrong*. Farnham: Ashgate Publishing Limited.

- I -

Igensand, J., 2011. Globes virtuels - des portails d'accès 4D à l'information géographique pour le développement territorial. Dans: *Les SIG au service du développement territorial*. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes, pp. 107-115.

Iribarne (d'), A. & Tchobanian, R., 2001. *Les processus de diffusion et d'appropriation des outils multimédia en réseaux et les transformations des activités professionnelles : le cas de France Télécom*. s.l.:L.E.S.T.CNRS UMR 6123.

Isaac, H., Leclercq, A. & Besseyre Des Horts, C.-H., 2006. Adoption and appropriation: towards a new theoretical framework. An exploratory research on mobile technologies in French companies. *Système d'Information et Management*, 11(2), pp. 9-50.

- J -

Janneck, M., 2009. Recontextualising Technology in Appropriation Processes. Dans: *Handbook of Research on Socio-Technical Design and Social Networking Systems*. New-York: Information Science Reference, pp. 153-156.

Jarne, A., 2011. Sémiologie de la carte thématique : histoire et perspectives. Dans: *Les SIG au service du développement territorial*. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes, pp. 39-53.

Johnson, B. W. & Green, J. M., 2002. *Naval Network-Centric Sensor Resource Management*. [En ligne]

Available at: <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA458080>

[Accès le 2 Juin 2012].

Johnson, G., Whittington, R., Scholes, K. & Fréry, F., 2011. *Stratégie*. 9e éd. Paris: Pearson Education France.

Johnson, T. F., 2009. EBAO A comprehensive Explanation. *The Three Swords Magazine*, Issue 16, pp. 10-15.

Johnson, T. F., 2010. The Comprehensive Approach and the death of the term "EBAO". *The Three Swords Magazine*, Issue 17, pp. 8-13.

Johri, A., 2011. Sociomaterial bricolage: The creation of location-spanning work practices by global software developers. *Information and Software Technology*, 53(9), pp. 955-968.

Joint Analysis and Lessons Learned Centre, 2007. *Joint Analysis Handbook*. 3e éd. Lisbon: NATO.

Joint Analysis and Lessons Learned Centre, 2011. *The NATO Lessons Learned Handbook*. 2e éd. Lisbon: NATO.

Jouanneaux, M., 1999. *Le pilote est toujours devant, reconnaissance de l'activité du pilote de ligne*. Toulouse: Octarès Éditions.

Journé, B., 2005. Étudier le management de l'imprévu : méthode dynamique d'observation in situ. *Finance Contrôle Stratégie*, Décembre, 8(4), pp. 63-91.

Journé, B. & Raulet-Croset, N., 2008. Le concept de situation : contribution à l'analyse de l'activité managériale en contexte d'ambiguïté et d'incertitude. *M@n@gement*, 11(1), pp. 27-55.

#### - K -

Karwowski, W., Soares, M. M. & Stanton, N. A., 2011. *Human Factors and Ergonomics in Consumer Product Design: Uses and Applications*. Boca Raton: CRC Press.

Kenyon, H. S., 2008. Digital Future Force Emerges. *Signal*, Septembre, 63(1), pp. 37-40.

Kenyon, H. S., 2010. Node-Based Network Pushes Connectivity To the Tactical Edge. *Signal*, Juin, 64(10), pp. 69-71.

Koenig, G., 2004. *Management Stratégique : projets, interactions & contextes*. 2e éd. Paris: Dunod.

#### - L -

*La Numérisation de l'Espace de Bataille*. 2003. [Film] Réalisé par Armée de Terre. s.l.: s.n.

*La Numérisation de l'Espace de Bataille*. 2008. [Film] Réalisé par Armée de Terre. s.l.: s.n.

- La Numérisation de l'Espace de Bataille*. 2010. [Film] Réalisé par Armée de Terre. s.l.: s.n.
- Lahlou, S., 2000. Attracteurs cognitifs et travail de bureau. *Intellectica*, Issue 30, pp. 75-113.
- Langley, J. A., 2004. Network Centric Warfare: An Exchange Officer's Perspective. *Military Review*, November-December, pp. 47-52.
- Langlois, P., 2012. Équipements de l'infanterie : vers la prolifération des systèmes avancés. *Défense & Sécurité Internationale*, Issue Hors-Série 24, pp. 68-72.
- Laudon, K., Laudon, J., Fimbel, É. & Costa, S., 2010. *Managements des systèmes d'information*. 11e éd. Paris: Pearson Education France.
- Laurini, R. & Milleret-Raffort, F., 1993. *Les bases de données en géomatique*. Paris: Hermes Sciences.
- Law, J., 1999. After ANT: Complexity, naming and topology. Dans: *Actor Network theory and After*. Oxford: Blackwell, pp. 1-14.
- Lawlor, M., 2007. Engineering Network-Centric Warfare: small changes making a big difference in moving U.S. Army forward. *Signal*, Août, 61(12), pp. 23-27.
- Lawson, E., Ferris, T., Cropley, D. & Cook, S., 2006. *Development of a Foundation for Military Network Science*, Mawson Lakes: Université of South Australia.
- Lawson, S., 2010. *Is Network-Centric Warfare (Finally) Dead? Only Partly*. [En ligne] Available at: <http://www.seanlawson.net/?p=772>  
[Accès le 1 mai 2012].
- Le Morvan, M., 2011. Le processus d'élaboration du RETEX. *Héraclès*, Juillet / Août, Issue 44, p. 4.
- Lebraty, J.-F., 2008. *Partage des connaissances et résilience organisationnelle : le cas de la numérisation de l'armée de terre*. Le Havre, XIIIème Conférence de l'AIMS.
- Lebraty, J.-F., 2011. Du management de l'information à la définition du concept de système d'information. Dans: *Master Systèmes d'Information*. Paris: Éditions ESKA, pp. 27-33.

- Lebraty, J.-F. & Lancini, A., 2007. *Le cas de l'implémentation d'un système de commandement et de contrôle : vers une relecture du modèle d'alignement stratégique*. Tunis, XIIème Conférence de l'AIMS.
- Lecompte-Boinet, G., 2012. Scorpion remodèle l'armée du futur. *Air & Cosmos*, Juin, Issue 2316, pp. 32-33.
- Lee, A. S., 2000. *Systems Thinking, Design Science, and Paradigms: Heeding Three Lessons from the Past to Resolve Three Dilemmas in the Present to Direct a Trajectory for Future Research in the Information Systems Field*. [En ligne]  
Available at: <http://www.people.vcu.edu/~aslee/ICIM-keynote-2000/ICIM-keynote-2000.htm>  
[Accès le 2012 Septembre 27].
- Lee, A. S., 2001. Editor's comments. *MIS Quarterly*, 25(1), pp. iii-vii.
- Lee, A. S., 2004. Social Theory and Philosophy for Information Systems. Dans: J. Mingers & L. P. Willcocks, éd. *Social Theory and Philosophy for Information Systems*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, pp. 1-26.
- Leonardi, P. M. & Barley, S. R., 2008. Materiality and change: Challenges to building better theory about technology and organizing. *Information and Organization*, Issue 18, pp. 159-176.
- Lépinard, P., 2011. *Est-il envisageable de fusionner les outils collaboratifs de préparation de mission avec la simulation virtuelle distribuée ?*. Paris, Systèmes Complexes d'Information et de Gestion des Risques pour l'Aide à la Décision 2011.
- Leplat, J., 1985. Les représentations fonctionnelles dans le travail. *Psychologie française*, 30(3-4), pp. 269-275.
- Lesca, H., Kriaa-Medhaffer, S. & Casagrande, A., 2010. La surinformation causée par l'Internet, un facteur d'échec paradoxal largement avéré : veille stratégique - Cas concrets, retours d'expérience et piste de solutions. *La Revue des Sciences de Gestion*, 5(245-246), pp. 35-42.
- Lesca, H. & Lesca, N., 2011. *Les signaux faibles et la veille anticipative pour les décideurs, méthodes et applications*. Paris: Lavoisier.

Lesh, N., Marks, J., Ricj, C. & Sidner, C. L., 2002. "Man-Computer Symbiosis" Revisited: achieving natural communication and collaboration with computers. *IEICE Trans.*, 85(1), pp. 1-8.

Lévi-Strauss, C., 1962. *La pensée sauvage*. Paris: Plon.

Lheritier, D. & Gesquiere, G., 2012. Le 35°RI toutes griffes dehors. *Terre Information Magazine*, Février, Issue 231, pp. 40-41.

Libicki, M. C., 1995. *What is Information Warfare ?*. Washington, Strategic Forum Number 28.

Licklider, J. C. R., 1960. Man-Computer Symbiosis. *IRE Transactions on Human Factors in Electronics*, 1(1), pp. 4-11.

Livian, Y.-F., 2008. *Organisation, théories et pratiques*. 4e éd. Paris: Dunod.

Luddy, J., 2005. *The Challenge and Promise of Network-Centric Warfare*. [En ligne]

Available at:

<http://www.lexingtoninstitute.org/library/resources/documents/Defense/challenge-promise-network-centric-warfare.pdf>

[Accès le 29 Juillet 2012].

#### - M -

Maceachren, A. M. & Kraak, M.-J., 1997. Exploratory cartographic visualization: Advancing the agenda. *Computers & Geosciences*, 23(4), pp. 335-343.

Majchrzak, A. et al., 2000. Technology Adaptation: The Case of a Computer-Supported Inter-Organizational Virtual Team. *MIS Quarterly*, 24(4), pp. 569-600.

Mandille, É., 2003. The British battlefield digitization. *Doctrine Tactique*, Issue 1, pp. 50-55.

Marchand, A. L., 2009. *Usage des récits expérimentiels et des savoirs épisodiques dans l'apprentissage de la gestion des risques*. Paris: Thèse de doctorat d'ergonomie, CNAM.

Marciniak, R. & Rowe, F., 2009. *Systèmes d'Information, Dynamique et Organisation*. 3e éd. Paris: Économica.

- Markus, L. M. & Benjamin, R. I., 1997. The Magic Bullet Theory in IT-Enabled Transformation. *Sloan Management Review*, 38(2), pp. 55-68.
- Marler, J. H. & Liang, X., 2012. Information technology change, work complexity and service jobs: a contingent perspective. *New Technology, Work and Employment*, 27(2), pp. 133-146.
- Martineau, R., 2012. Les usages-types d'un outil de gestion des risques à l'hôpital. *Management & Avenir*, 4(54), pp. 215-236.
- Martini, A., 2005. *L'histoire de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre de 1954 à 2004*. Panazol: Lavauzelle.
- Maulny, J.-P., 2004. La recherche en matière de défense : enjeux et perspectives. *Revue internationale et stratégique*, Issue 55, pp. 77-81.
- Maulny, J.-P., 2006. *La guerre en réseau au XXIème siècle*. Paris: Éditions du Félin.
- McCoy, M., 2008. *Learning from Action: Lessons Learned Integration*. [En ligne] Available at: <http://usacac.army.mil/cac2/AOKM/aokm2008/presentations/Wednesday/AOKM%20Integration%20Brief.pdf> [Accès le 25 Février 2012].
- Meyer, F. A., 2012. *La révolution ToC Lean Six Sigma dans les services : comprendre, analyser et améliorer la performance de sa relation de service*. Paris: Lexitis Éditions.
- Millot, D., 2011. L'approche globale. *Héraclès*, Issue 44, p. 17.
- Mingers, J., 2004. Critical realism and information systems: brief responses to Monod and Klein. *Information and Organization*, 14(2), p. 145–153.
- Mingers, J., 2004. Realizing information systems: critical realism as an underpinning philosophy for information systems. *Information and Organization*, 14(2), p. 87–103.
- Ministère de la Défense, 2012. *GEODE 4D, mieux connaître et comprendre l'environnement géophysique des théâtres*. [En ligne] Available at: <http://www.defense.gouv.fr/actualites/dossiers/espace-militaire/les-fonctions-spatiales-au-service-des-operations/geode-4d-mieux-connaître-et-comprendre-l->

environnement-geophysique-des-theatres

[Accès le 30 Août 2012].

Mintzberg, H., 2010. *Le management, voyage au centre des organisations*. Paris: Eyrolles Éditions d'Organisation.

Moffat, J., 2011. *Adapting modeling & simulation for Network enabled operations*. Washington: CCRP Publication Series.

Mohapatra, S., 2012. *Information Theory and Best Practices in the IT industry*. New-York: Springer.

Mongers, J., 2001. Combining IS Research Methods: towards a pluralist methodology. *Information Systems Research*, 12(3), pp. 240-259.

Moore, G. & Benbasat, I., 1991. Development of an Instrument to Measure the Perceptions of Adopting an Information Technology Innovation. *Information Systems Research*, 2(3), pp. 192-222.

Morel, C., 2012. *Les décisions absurdes II Comment les éviter*. Mesnil-sur-l'Estrée: Gallimard.

Muraise, É., 1964. *Introduction à l'histoire militaire*. Panazol: Lavauzelle.

Myers, M. D., 1997. Qualitative Research in Information Systems. *MIS Quarterly*, 21(2), pp. 241-242.

- N -

Nambisan, S., 2003. Information Systems as a Reference Discipline for New Product Development. *MIS Quarterly*, 27(1), pp. 1-18.

Nitschke, S., 2004. Network-Centric Warfare: The European Initiatives. *Military Technology*, Issue 3, pp. 18-26.

Nonaka, I. & Takeuchi, H., 1995. *The knowledge-creating company : how Japanese companies create the dynamics of innovation*. Norfolk: University Press.

Nova, N., 2009. *Les médias géolocalisés : comprendre les nouveaux espaces numériques*. Limoges: FYP éditions.

Ochanine, D., 1978. Le rôle des images opératives dans la régulation des activités de travail. *Psychologie et éducation*, Issue 2, pp. 63-72.

Odlyzko, A. & Tilly, B., 2005. *Metcalfe*. [En ligne]  
Available at: <http://www.dtc.umn.edu/~odlyzko/doc/metcalfe.pdf>  
[Accès le 20 mai 2012].

Office of Force Transformation, 2005. *The Implementation of Network-Centric Warfare*.  
s.l.:s.n.

Oiry, E., Ologeanu-Taddéi, R., Pascal, A. & Tchobanian, R., 2010. Au delà des individus et des outils, quelle place pour les politiques RH et l'organisation dans l'analyse des usages des TIC ?. *Management & Avenir*, 7(37), pp. 218-239.

Olivier, L., Bédard, G. & Ferron, J., 2005. *L'élaboration d'une problématique de recherche : sources, outils et méthodes*. Paris: L'Harmattan.

Olivier, R. L., 1981. Measurement and Evaluation of Satisfaction Processes in Retail Settings. *Journal of Retailing*, 57(3), pp. 25-48.

Organisation du Traité de l'Atlantique Nord, 2009. *ACO Directive (AD) 80-1 du 3 juillet 2009 (sans classification)*, s.l.: s.n.

Organisation du Traité de l'Atlantique Nord, 2011a. *AJP-6 Allied Joint Doctrine for Communication and Information Systems*. [En ligne]  
Available at: <http://nsa.nato.int/nsa/zPublic/ap/AJP-6.pdf>  
[Accès le 10 Septembre 2012].

Organisation du Traité de l'Atlantique Nord, 2011b. *NATO Lessons Learned Policy du 8 septembre 2011 (sans classification)*, s.l.: s.n.

Organisation du Traité de l'Atlantique Nord, 2011c. *Bi-Strategic Command Directive (BI-SCD) 80-6 du 6 juillet 2011 (sans classification)*, s.l.: s.n.

Organisation du Traité de l'Atlantique Nord, 2011d. *AAP-42 Glossaire OTAN des termes et définitions relatifs à la normalisation*. [En ligne]

Available at: <http://nsa.nato.int/nsa/zPublic/ap/AAP-42%282011%29.pdf>

[Accès le 10 Septembre 2012].

Organisation du Traité de l'Atlantique Nord, 2012. *AAP-06 Glossaire OTAN des termes et définitions relatifs à la normalisation*. [En ligne]

Available at: <http://nsa.nato.int/nsa/zPublic/ap/aap6/AAP-6.pdf>

[Accès le 10 Septembre 2012].

Orlikowski, W. J., 1992. *Computer Supported Cooperative Work '92*. Toronto, s.n.

Orlikowski, W. J., 2005. *Material Knowing: The Scaffolding of Human Knowledgeability*. Cambridge, Sixth European Conference on Organizational Knowledge, Learning, and Capabilities.

Orlikowski, W. J., 2007. Sociomaterial Practices: Exploring Technology at Work. *Organization Studies*, Issue 28, pp. 1435-1448.

Orlikowski, W. J., 2009. The Sociomateriality of Organizational Life: Considering Technology in Management Research. *Cambridge Journal of Economics*, Issue 34, pp. 125-141.

Orlikowski, W. J. & Scott, S. V., 2008. Sociomateriality: Challenging the Separation of Technology, Work and Organization. *The Academy of Management Annals*, 2(1), pp. 433-474.

Osterlie, T., Almklov, P. G. & Hepso, V., 2012. Dual materiality and knowing in petroleum production. *Information and Organization*, 22(2), pp. 85-105.

Owens, W. A., 1995. The emerging system of systems. *Military Review*, 75(3), pp. 15-19.

Owens, W. A., 1996. The Emerging U.S. System-of-Systems. *Strategic Forum*, February, Issue 63, pp. 1-4.

- P -

Paquelin, D., 2009. *L'appropriation des dispositifs numériques de formation, du prescrit aux usages*. Paris: L'Harmattan.

Pastré, P., 2004. L'ingénierie didactique professionnelle. Dans: P. Carré & P. Caspar, édés. *Traité des sciences et des techniques de la formation*. Paris: Dunod, pp. 465-480.

Pastré, P., 2009. *Apprendre par la simulation - De l'analyse du travail aux apprentissages professionnels*. Toulouse: Octarès Éditions.

Pastré, P., 2011. *La didactique professionnelle, approche anthropologique du développement chez les adultes*. Paris: Presses Universitaires Françaises.

Pattee, P. G., 2008. *Network-Centric Operations*. [En ligne]

Available at: <http://www.airpower.maxwell.af.mil/airchronicles/apj/apj08/spr08/pattee.html>

[Accès le 29 Juillet 2012].

Paulin, C. et al., 2009. *Vers une vision réaliste des opérations en réseau*. Paris: Fondation pour la Recherche Stratégique.

Pavé, F., 1989. *L'illusion informaticienne*. Paris: Éditions l'Harmattan.

Pescheux, M., 2007. *Analyse de pratique enseignante en FLE/S : Mémento pour une ergonomie didactique en FLE*. Paris: L'Harmattan.

Phister, P. W. & Plonish, I. G., 2004. *Information and Knowledge Centric Warfare: The Next Steps in the Evolution of Warfare*. Copenhagen, 9th International Command and Control Research and Technology Symposium.

Pickering, A., 1995. *The Mangle of Practice: Time, Agency & Science*. Chicago: The University of Chicago Press.

Plane, J.-M., 2012. *Théorie et management des organisations*. 3e éd. Paris: Dunod.

Pornon, H., 2011. *La dimension géographique du système d'information*. Paris: DUNOD.

Porret, T., 2011. *NEB - SIMU : conséquences RH*. Paris, Journées annuelles DRHAT.

Proulx, S., 1988. *Vivre avec l'ordinateur. Les usagers de la micro-informatique*. Montréal: Éditions G. Vermette.

Proulx, S., 2002. Trajectoires d'usages des technologies de communication : les formes d'appropriation d'une culture numérique comme enjeu d'une société du savoir. *Annales des télécommunications*, 57(3-4), pp. 180-189.

- R -

- Rabardel, P., 1995. *Les Hommes et les technologies, une approche cognitive des instruments contemporains*. Paris: Armand Colin.
- Raffenne, F. & Jean-Loup, S., 2007. Le débat stratégique américain. *Politique étrangère*, pp. 883-874.
- Ramage, M., 2004. Information systems: a cyborg discipline ?. Dans: B. Kaplan, D. P. Truex, D. Wastell & A. T. D. J. I. Wood-Harper, éd. *Information systems research: relevant theory and informed practice*. Boston: Kluwer Academic Publishers, pp. 71-81.
- Reason, J., 1990. *Human Error*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Reason, J., 1995. A systems approach to organizational error. *Ergonomics*, 38(8), pp. 1708-1721.
- Reix, R., Fallery, B., Kalika, M. & Rowe, F., 2011. *Systèmes d'information et management des organisations*. 6e éd. Paris: Magnard-Vuibert.
- Richoux, N., 2011. Le Retour d'Expérience dans l'armée de Terre. *Héraclès*, Juillet / Août, Issue 44, p. 3.
- Robinson, C. & Dabas, F.-R., 2012. Lessons Learned - Everybody's Business. *Impetus, Bulletin of the EU Military Staff*, Issue 13, pp. 22-23.
- Rodhain, F., Fallery, B., Girard, A. & Desq, S., 2010. Une histoire de la recherche en systèmes d'information à travers 30 ans de publications. *Entreprises et histoire*, 3(60), pp. 78-97.
- Rojot, J., 2005. *Théorie des organisations*. 2e éd. Paris: Éditions ESKA.

- S -

SAGEM - Groupe SAFRAN, s.d. *Vétronique pour véhicules militaires*. [En ligne]  
Available at: <http://www.sagem-ds.com/spip.php?rubrique99&lang=fr>  
[Accès le 14 Juillet 2012].

- Salisbury, W. D., Chin, W. W., Gopal, A. & Newsted, P. R., 2002. Research Report: Better Theory Through Measurement—Developing a Scale to Capture Consensus on Appropriation. *Information Systems Research*, 13(1), pp. 91-103.
- Salovaara, A., 2007. Appropriation of a MMS-based comic creator: from system functionalities to resources for action. Dans: M. B. Rosson & D. Gilmore, éd. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '07)*. New-York: ACM Press, pp. 1117-1126.
- Salovaara, A., Helfenstein, S. & Oulasvirta, A., 2011. Everyday appropriations of Information Technology: a study of creative uses of digital cameras. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 62(12), pp. 2347-2363.
- Salovaara, A. & Tamminen, S., 2009. Acceptance or Appropriation? A Design-Oriented Critique of Technology Acceptance Models. Dans: *Future Interaction Design II*. London: Springer, pp. 157-173.
- Samaan, J.-L., 2008. Mythes et réalités des cyberguerres. *Politique étrangère*, pp. 829-841.
- Samson, V., 2009. Auftragstaktik, du principe aux réalités. *Héraclès*, Juillet-Août, Issue 33, p. 19.
- Sartini, V., 2012. Le CFIA NH90 mise beaucoup sur la simulation. *Défense & Sécurité Internationale*, Issue Hors-série 24, pp. 18-23.
- Savin-Baden, M. & Howell Major, C., 2010. *New approaches to Qualitative Research, Wisdom and Uncertainty*. New-York: Routledge.
- Sayer, A., 2000. *Realism and Social Science*. Trowbridge: SAGE Publications Ltd.
- Schmidtchen, D., 2005. Network-Centric Warfare, an idea in good currency. *Australian Army Journal*, 11(2), pp. 111-123.
- Schmitt, C., Fabbri, R. & Gallais, M., 2011. Situation de gestion, proximité cognitive et changement dans les organisations. *Revue Française de Gestion*, Issue 213, pp. 157-169.
- Schnetzler, B., 2004. *La guerre de demain, évolutions stratégiques et tactiques*. Paris: Économica.

- Seffers, G. I., 2012. Army Mobile Network poised for Combat. *Signal*, Juillet, 66(11), pp. 25-27.
- Segrestin, D., 2004. Les ERP entre le retour à l'ordre et l'invention du possible. *Sciences de la Société*, Issue 61, pp. 3-15.
- Sewell, P., 2009. Lessons Learned, a bureaucratic burden or a valuable skill set ?. *The Three Swords Magazine*, Issue 16, pp. 35-37.
- Sewell, P., 2010. Best Practices, a lessons learned enabler for NATO transformation. *The Three Swords Magazine*, Issue 17.
- Shipley, G. M. S., 1998. *Digitizing the battlefield - a comparison of US and UK strategies*, Carlisle Barracks: U.S. Army War College.
- Slife, B., 2004. Taking practice seriously: Toward a Relational Ontology. *Journal of Theoretical and Philosophical Psy*, 24(2), pp. 157-178.
- Smith, M. L., 2006. Overcoming theory-practice inconsistencies: Critical realism and information systems research. *Information and Organization*, 16(3), pp. 191-211.
- Sofge, R., 2009. *Knowledge Centric Warfare: An Introduction*, Carlisle Barracks: U.S. Army War College.
- Soulet, J.-F., 1994. *L'histoire immédiate*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Sourbier-Pinter, L., 2001. *Au-delà des armes, le sens des traditions militaires*. Sabon: Imprimerie Nationale.
- Stake, R. E., 2010. *Qualitative Research*. New-York: The Guilford Press.
- Steuer, G., 2012. L'aéroterrestre s'expose sous forte contrainte. *Air & Cosmos*, Juin, Issue 2316, pp. 12-13.
- Suchman, L., 2007. *Human-Machine Reconfigurations: Plans and Situated Actions*. 2e éd. New-York: Cambridge University Press.
- Sullivan, G. R. & Dubick, J. M., 1993. *Land Warfare in the 21st century*, Carlisle Barracks: Strategic Studies Institute.

- T -

- Tanguy, J.-M., 2012. Révolution numérique dans l'appui-feu rapproché. *Air & Cosmos*, Juin, Issue 2316, pp. 34-36.
- Tenenbaum, É., 2011. L'Amérique en guerre : grandeur et décadence de la contre-insurrection. *Politique étrangère*, pp. 617-629.
- Tessier, N. & Bourdon, I., 2009. Le management des hommes : un défi pour la gestion des connaissances. *La Revue des Sciences de Gestion*, Issue 237-238, pp. 35-42.
- Thevenot, J. & Gerbaix, S., 2011. Perspective de l'utilisateur et pratique de l'accompagnement du projet SI. Dans: *Master Systèmes d'Information*. Paris: Éditions Eska, pp. 183-217.
- Thielleux, B., 2011. Aide-mémoire RETEX. *Héraclès*, Juillet / août, Issue 44, p. 6.
- Thomas, L. E., 1998. *Information warfare - Force XXI Situational Awareness*, Carlisle Barracks: US Army War College.
- Thum, M., 2010. NATO Network Enabled Capability: NATO Network Enabled Capability future technology. *The Three Swords Magazine*, Issue 17, pp. 62-63.
- Tisserand, J. B. & Cammons, D., s.d. *Network Centric Warfare Case Study: Volume III: Network Centric Warfare Insights (during Iraki Freedom)*. [En ligne]  
Available at:  
[http://www.carlisle.army.mil/dime/documents/NCWCS%20Volume%20III%20\(web%20version\).pdf](http://www.carlisle.army.mil/dime/documents/NCWCS%20Volume%20III%20(web%20version).pdf)  
[Accès le 2 Juin 2012].
- Tomas, J.-L. & Gal, Y., 2011. *ERP et conduite des changements Alignement, sélection et déploiement*. 6e éd. Paris: Dunod.
- Tomolya, J., 2005. The battlefield digitization. *AARMS*, 4(3), pp. 433-445.
- Trist, E. L., 1981. The sociotechnical perspective: The evolution of sociotechnical systems as a conceptual framework and as an action research program. Dans: *Perspectives on organization design and behavior*. New-York: John Wiley & Sons, pp. 19-75.

- U -

U.S. Army, 2012. *FM 6-01.1 Knowledge Management Operations*. [En ligne]  
Available at: [http://armypubs.army.mil/doctrine/DR\\_pubs/DR\\_a/pdf/fm6\\_01x1.pdf](http://armypubs.army.mil/doctrine/DR_pubs/DR_a/pdf/fm6_01x1.pdf)  
[Accès le 11 Septembre 2012].

United States Joint Staff, 2005. *Net-Centric Operational Environment - Joint Integrating Concept*. 1e éd. Washington: US Department Of Defense.

US Ministry Of Defence, 2009. *NEC Understanding Network Enabled Capability*. London: Newsdesk Communications Ltd.

US Ministry Of Defense, 2005. *Network Enabled Capability*. [En ligne]  
Available at: [http://www.mod.uk/NR/rdonlyres/E1403E7F-96FA-4550-AE14-4C7FF610FE3E/0/nec\\_jsp777.pdf](http://www.mod.uk/NR/rdonlyres/E1403E7F-96FA-4550-AE14-4C7FF610FE3E/0/nec_jsp777.pdf)  
[Accès le 20 mai 2012].

- V -

Van Wassenhove, W. & Garbolino, E., 2008. *Retour d'expérience et prévention des risques, principes et méthodes*. Lassay-les-Châteaux: Lavoisier.

Vaughan, D., 1996. *The Challenger launch decision: risky technology, culture, and deviance at NASA*. Chicago: University of Chicago Press.

Vaughan, D., 2008. *The social organisation of a mistake* [Interview] (Mai 2008).

Vende, A., 2011. Simulation et numérisation, exemples et perspectives. *Héraclès*, Décembre, Issue 45, p. 17.

Venkatesh, V., 2000. Determinants of perceived ease of use: Integrating perceived behavioral control, computer anxiety and enjoyment into the technology acceptance model. *Information Systems Research*, 11(4), p. 342–365.

Venkatesh, V. & Bala, H., 2008. Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions. *Decision Sciences*, 39(2), pp. 273-315.

Venkatesh, V. & Davis, F. D., 2000. A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. *Management Science*, 46(2), pp. 186-204.

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B. & Davis, F. D., 2003. User Acceptance of Information Technology: toward a unified view. *MIS Quarterly*, 23(3), pp. 425-478.

Verjans, S., 2005. Bricolage as a way of life – improvisation and irony in information systems. *European Journal of Information Systems*, Issue 14, pp. 504-506.

Vidaillet, B. et al., 2003. *Le sens de l'action, Karl E. Weick : sociopsychologie de l'organisation*. Paris: Vuibert.

Von Clausewitz, C., 1959. *De la guerre*. Paris: Éditions de Minuit.

Von Clausewitz, C., 2006. *Principes fondamentaux de stratégie militaire*. Paris: Mille et une nuits.

Von Glasersfeld, E., 2001. The Radical Constructivist View of Science. *Foundations of Science Special issue on "The Impact of Radical Constructivism on Science"*, 6(1-3), pp. 31-43.

- W -

Wade, M., Biehl, M. & Kim, H., 2006. Not Information Systems is a Reference Discipline (And What We Can Do About It). *Journal of the Association for Information Systems*, 7(5), pp. 247-269.

Wagner, E. L., Jodie, M. & Newell, S., 2011. Accounting logics, reconfiguration of ERP systems and the emergence of new accounting practices: A sociomaterial perspective. *Management Accounting Research*, Issue 22, pp. 181-197.

Walliman, N., 2011. *Research Methods: the basics*. Padstow: Routledge.

Wasinski, C., 2009. Produire de la capacité de gestion de crise internationale : le cas de l'OTAN au cours des années 2000. *Cultures & Conflits [en ligne]*, Issue 75, pp. 15-31.

Waters, G., 2008. Information Warfare Attack and Defence. Dans: *Australian and Cyber-Warfare*. Canberra: Australian National University Press, pp. 33-58.

Waters, G., Ball, D. & Dudgeon, I., 2008. *Australia and cyber-warfare*. Canberra: Australian National University E-Press.

Weick, K. E., 1996. Organizational Redesign As Improvisation. Dans: *Organizational Change and Redesign: Ideas and Insights for Improving Performance*. New-York: Oxford University Press, pp. 346-382.

Weick, K. E., 2001. Improvisation as a mindset for organizational analysis. Dans: *Organizational Improvisation*. New-York: Routledge, pp. 49-69.

Weir, W., 2005. *50 Weapons that changed warfare*. Franklin Lakes: The Caree Press.

Wickens, C., 1992. Workload and Situation Awareness: an analogy of history and implications. *Insight, the visual performance technical group newsletter*, Issue 14, pp. 1-3.

Wilson, C., 2007. *Network Centric Operations: background and oversight issues for Congress*, Washington: Congressional Research Service.

Wolff, T., 2010. *The power of collaborative solutions: six principles and effective tools for building healthy communities*. San Francisco: Jossey-Bass.

Worth Johnson, B. & Green, J. M., 2002. *International Command and Control Research and Technology Symposia 2002*. s.l., s.n.

Wynn, D. J. & Williams, C. K., 2012. Principles for conducting Critical Realist case study Research in Information Systems. *MIS Quarterly*, 36(3), pp. 787-810.

- Y -

Yakovleff, M., 2006. *Tactique théorique*. 1ère éd. Paris: Économica .

Yin, R. K., 2011. *Qualitative Research : From start to Finish*. New-York: The Guilford Press.

- Z -

Zarifan, P., 1998. Acquisition et reconnaissance des compétences dans une organisation qualifiante. *Éducation permanente*, Issue 112, pp. 15-22.

# Résumé

L'Aviation Légère de l'Armée de Terre (ALAT) s'est engagée depuis le début des années 2000 dans la Numérisation de l'Espace de Bataille. Peu de travaux académiques ont abordé ce thème alors que ses implications pourraient mener à un changement de paradigme dans l'aérocombat. L'objet de cette thèse est de mettre en évidence de nouvelles possibilités d'évolutions du Système d'Information par la prise en compte des usages émergents développés par les pilotes de l'ALAT au contact du Module de Préparation de Mission des Équipages. Notre recherche étudie ces usages émergents, compris comme des bricolages au sens de Ciborra, par le prisme théorique de la sociomatérialité. Nous démontrons toutefois que son opérationnalisation est subordonnée d'une part au cadre épistémologique du Réalisme Critique et d'autre part à la mise en place d'une nouvelle méthode de Retour d'Expérience.

**Mots clés :** Aviation Légère de l'Armée de Terre, Numérisation de l'Espace de Bataille, aérocombat, Systèmes d'Information, Module de Préparation de Mission des Équipages, bricolage, sociomatérialité, Réalisme Critique, Retour d'Expérience

## *Abstract*

*Since the beginning of the 21st century, the French Army Light Aviation (ALAT) has been concerned with the process of digitalization of the battlefield. In the meantime, only very few scholars had addressed this issue although the consequences of such studies could lead to a paradigm shift in the aerocombat. This Ph.D. thesis aims to outline a series of new outcomes in terms of evolutions of the Information System understood from the perspective of emerging uses developed by the ALAT pilots dealing with Helicopter Mission Planning. This research studies the emerging uses apprehended as "bricolages" in Ciborra's sense and in the socio materiality theoretical framework. However, the operationalization of the results is subject to the epistemological framework of critical realism, on the one hand, and to the implementation of new methods in terms of experience feedbacks (Lessons Learned), on the other hand.*

**Key Words :** *French Army Light Aviation, Digitization of the battlefield, aerocombat, Information Systems, Helicopter Mission Planning, bricolage, sociomateriality, Critical Realism, Lessons Learned*

# UNIVERSITÉ DE NICE SOPHIA ANTIPOLIS

Institut d'Administration des Entreprises

École Doctorale Droit et Sciences Politiques, Économiques et de Gestion (ED 513 DESPEG)

Groupe de Recherche en Droit, Économie et Gestion (UMR UNS - CNRS 7321 GREDEG)

*Human Wings - Centre of Excellence in Human Factors (HW - CEHF)*

## **Sociomatérialité et Systèmes d'Information**

### **Le cas de la numérisation de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre**

#### **Tome 2 Annexes**

**Thèse pour l'obtention du titre de Docteur ès Sciences de Gestion**

Présentée et soutenue publiquement le 14 décembre 2012 par

**M. Philippe Lépinard**

#### **Composition du jury :**

**Directeur de thèse** **M. Ivan Pastorelli**  
Maître de conférences HDR à l'Université de Nice Sophia Antipolis

**Rapporteurs** **M. Jean-Fabrice Lebraty**  
Professeur des Universités à l'Université Jean Moulin Lyon III  
**M. Marc Bidan**  
Professeur des Universités à l'Université de Nantes

**Suffragants** **M. Laurent Chaudron**  
Directeur (HDR) de l'ONERA de Salon-de-Provence  
**M. Didier Danet**  
Maître de conférences HDR à l'École Spéciale Militaire de Saint-Cyr  
**Général de Division (2S) Patrick Tanguy**  
Commandant l'Aviation Légère de l'Armée de Terre de 2008 à 2010  
**Général de Brigade Olivier Gourlez de La Motte**  
Commandant l'Aviation Légère de l'Armée de Terre

# **Annexes**

# Annexe 1

## Glossaire des notions importantes

### **Aérocombat**

Intégration complète des hélicoptères de combat (avec leurs missions, leurs modes d'action, etc.) au sein de la manœuvre tactique interarmes qui devient par conséquent la manœuvre aéroterrestre ou tridimensionnelle terrestre.

### **Appropriation**

Selon nous, l'appropriation est le processus contextuel émergent, complexe, contingent et adaptatif par lequel la technologie fait sens pour les utilisateurs et est réellement mise en pratique au sein de l'organisation par ces mêmes utilisateurs pour réaliser les missions et tâches qui leur sont assignées.

### **Bricolage**

Selon Ciborra (1992), un bricolage est un « ensemble de pratiques basées sur du matériel de seconde main mobilisé afin de construire une structure ou un artefact lorsque rien de plus approprié n'est à la disposition des acteurs ».

### **Céleustique**

Art de transmettre les commandements au moyen d'instruments de musique.

### **Infovalorisation**

« L'infovalorisation est l'exploitation optimale des ressources d'informations obtenues grâce aux technologies et à la mise en valeur de l'information à travers tout le dispositif » (La Numérisation de l'Espace de Bataille, 2010).

### **Module de Préparation de Mission des Équipages**

Système de préparation et de restitution de mission collaboratif, fédérateur et intégrateur qui s'insère dans la NEB « messagerie » (via le SIR et EUROGRID) et dans la NEB « de combat » (via le SITALAT). Il correspond à un Système d'Aide à la Décision de Groupe

(SADG) de niveau 1 avec quelques fonctionnalités de niveau 2 selon l'échelle à 3 niveaux de Desanctis et Gallupe (1987).

### **Network-Centric Warfare**

« Concept d'opérations militaires fondé sur la supériorité informationnelle qui génère une augmentation de la puissance de combat grâce à la mise en réseau des senseurs, décideurs et tireurs. Il permet d'accéder à une situation opérationnelle partagée, d'accélérer le processus décisionnel et le tempo des opérations, d'augmenter la létalité et la survivabilité et d'atteindre un certain niveau d'autosynchronisation » (United States Joint Staff, 2005).

### **Numérisation de l'Espace de Bataille**

Mise en réseau de l'ensemble des systèmes d'information interopérable entre eux (comprendre les TIC, N.D.A.), de l'état-major jusqu'au dernier soldat, afin de traiter et diffuser en quasi-temps réel (ou temps réflexe) les informations utiles au combat. Cette mise en relation de tous ces SI de commandement, de préparation et de conduite de mission doit permettre l'échange de données numériques fiables au sein d'un combat infocentré afin de comprendre, décider et agir plus rapidement que l'adversaire.

### **Réalisme Critique**

Le Réalisme Critique (RC) est un courant de pensée philosophique et épistémologique qui fait suite aux travaux de Roy Bashkar à la fin des années 80. Le concept fondamental proposé par ce penseur est l'indépendance du monde et des réflexions que nous avons de lui. Le RC se pose en alternative aux paradigmes épistémologiques (post-)positivistes, interprétativiste et constructivistes selon Guba et Lincoln ou pragmatique. Le RC propose une ontologie stratifiée en trois niveaux imbriqués : le réel profond, le réel actualisé ou le réel empirique.

### **Sociomatérialité**

Concept souhaitant démontrer la disconvenance de la dualité des dimensions technologique et sociale. Les systèmes sociomatériels doivent donc être étudiés en considérant ces deux dimensions comme complètement enchevêtrées. Il est donc nécessaire de les appréhender avec des outils originaux afin de les comprendre dans leur globalité sans pour autant basculer dans l'idée de « boîte noire ».

## Annexe 2

### Modélisation d'une mission ALAT

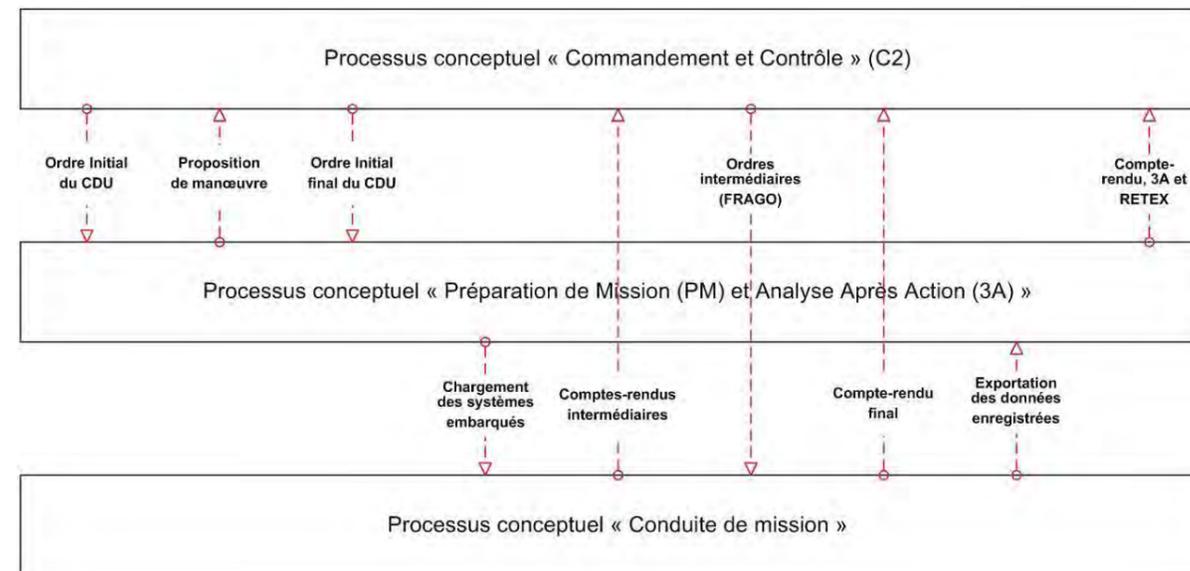


Figure 55. 1<sup>er</sup> niveau de modélisation d'une mission ALAT.

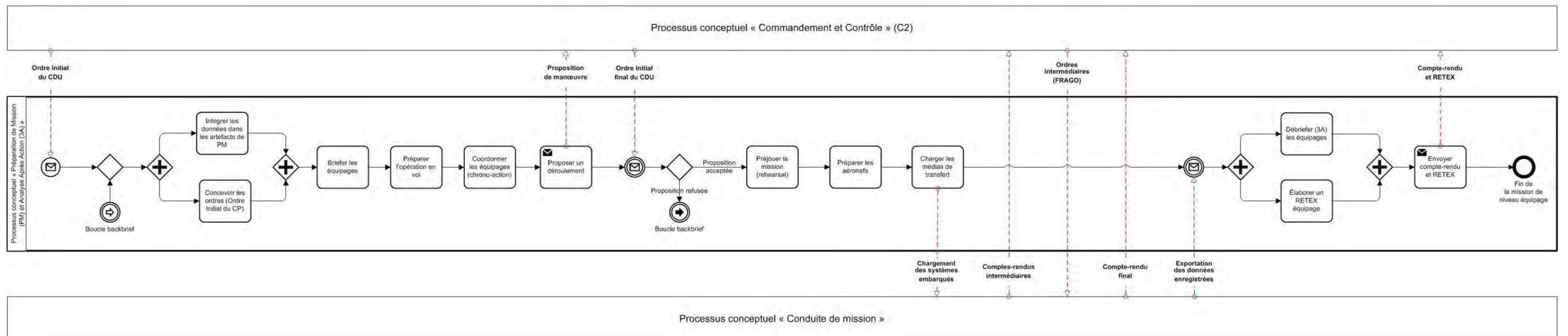


Figure 56. 2<sup>ème</sup> niveau de modélisation d'une mission ALAT.

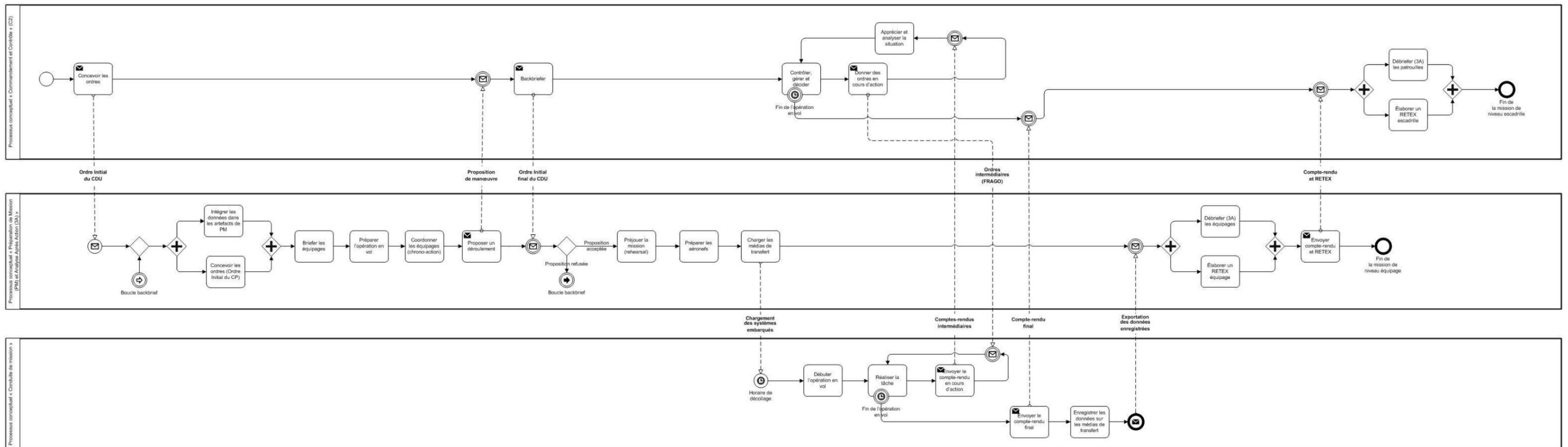


Figure 57. 3<sup>ème</sup> niveau de modélisation d'une mission ALAT.

## Annexe 3

### Cadre chronologique de la recherche

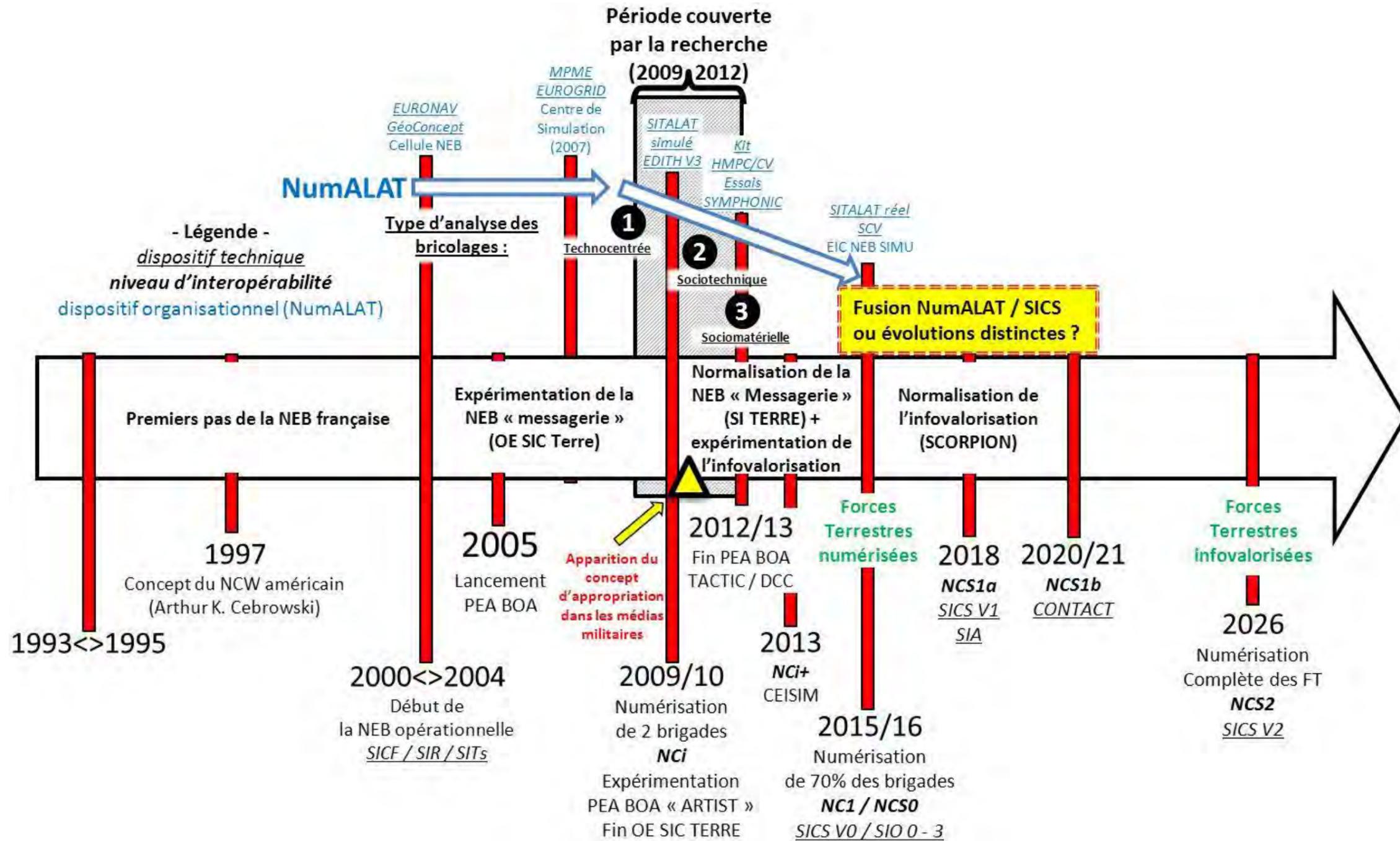


Figure 58. Cadre chronologique de la recherche et historique de la NEB.

# Annexe 4

## Acronymes et sigles

|           |  |
|-----------|--|
| 3A ou AAA | Analyse Après Action (synonyme de AAR)                           |
| AAP       | <i>Allied Administrative Publication</i>                         |
| AAR       | <i>After Action Review</i> (synonyme de 3A ou de AAA)            |
| AF        | Action de Formation  |
| AJP       | <i>Allied Joint Publication</i>                                  |
| ALAT      | Aviation Légère de l'Armée de Terre                              |
| APP       | <i>Allied Procedural Publication</i>                             |
| ASRP      | <i>Arc Standard Raster Product</i>                               |
| ATLAS     | Automatisation des Tirs et des Liaisons de l'Artillerie Sol/sol  |
| AWACS     | <i>Airborne Warning And Control System</i>                       |
| BATALAT   | BATaillon ALAT   |
| BDE KKS   | Base de Données Environnement Kaboul - Kapisa - Surobi           |
| BEGL      | Base École Général Lejay   |
| BEGN      | Base École Général Navelet                                       |
| BFT       | <i>Blue Force Tracking</i>                                       |
| BOA       | Bulle Opérationnelle Aéroterrestre                               |
| BPMN      | <i>Business Process Model &amp; Notation</i>                     |
| BSMAT     | Base de Soutien du MATériel                                      |
| C2        | Commandement et Contrôle   |
| C3D       | Coordination dans la 3ème Dimension                              |
| CALL      | <i>Center for Army Lessons Learned</i>                           |
| CCA       | <i>Close Combat Attack</i> ou Contrôleur de Circulation Aérienne |
| CDEF      | Centre de Doctrine d'Emploi des Forces                           |
| CDMA      | <i>Code Division Multiple Access</i>                             |
| CEISIM    | Centre d'Expertise pour l'Infovalorisation et la SIMulation      |
| CFIA      | Centre de Formation InterArmées                                  |
| COMALAT   | COMmandement de l'ALAT   |
| COMEALAT  | COMmandement de l'EALAT  |

|                |   |
|----------------|---|
| CONT-UNIT      | Boîtier de commande SITALAT   |
| CP             | <i>Common Picture</i> ou Chef de Patrouille   |
| CPL(H)         | <i>Commercial Pilot Licence (Helicopter)</i>  |
| CS-FSTD(H)     | <i>Certification Specifications for Helicopter Flight Simulation Training Devices</i>                           |
| DCC            | Démonstrateur de Combat Collaboratif  |
| DETALAT        | DETachement ALAT  |
| DGA            | Direction Générale de l'Armement  |
| DGAC           | Direction Générale de l'Aviation Civile   |
| DOD            | <i>Department Of Defense</i>  |
| DOTMLPF        | <i>Doctrine, Organization, Training, Materiel (technology), Leadership and education, Personnel, Facilities</i> |
| DRHAT          | Direction des Ressources Humaines de l'Armée de Terre   |
| DSTO           | <i>Defence Science and Technology Organisation</i>  |
| DTED           | <i>Digital Terrain Elevation Data</i>   |
| EALAT          | École de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre  |
| EBAO           | <i>Effects Based Approach to Operations</i>   |
| EBO            | <i>Effects Based Operations</i>   |
| EDITH          | Entraîneur Didactique Interactif Tactique Hélicoptère   |
| EDPI           | Équipe De Programme Intégrée  |
| EFA            | École Franco-Allemande  |
| EIC NEB - SIMU | Espace d'Instruction Collective pour la Numérisation et la Simulation   |
| ETRS           | École des TRanSmissions   |
| ETTO           | <i>Efficiency-Thoroughness Trade-Off</i>  |
| EVF            | EVasion de Fréquence  |
| FA             | Formation d'Adaptation  |
| FBCB2/BFT      | <i>Force XXI Battle Command Brigade-and-Below / Blue Force Tracking</i>   |
| FDMA           | <i>Frequency Division Multiple Access</i>   |
| FEB            | Fiche d'Expression de Besoin  |
| FÉLIN          | Fantassin à Équipement et Liaisons INTégrés   |

|         |   |
|---------|---|
| FFS     | <i>Full Flight Simulator</i>                                      |
| FM      | <i>U.S. Army Field Manual</i>                                     |
| FNPT    | <i>Flight and Navigation Procedure Trainer</i>                    |
| FSTD    | <i>Flight Simulation Training Device</i>                          |
| GAMSTAT | Groupement AéroMobile des Services Techniques de l'Armée de Terre |
| GEODE4D | GEOgraphie de DEfense en 4 Dimensions                             |
| GEOTIFF | <i>GEOgraphic Tagged Image File Format</i>                        |
| GIG     | <i>Global Information Grid</i>                                    |
| GPS     | <i>Global Positioning System</i>                                  |
| GTIA    | Groupement Tactique InterArmes                                    |
| HAD     | Hélicoptère Attaque-Destruction                                   |
| HAP     | Hélicoptère Appui-Protection                                      |
| HFIS    | <i>Human Factors in Information Systems</i>                       |
| HIL     | Hélicoptère Interarmées Léger                                     |
| HMA     | Hélicoptère de Manœuvre et d'Assaut                               |
| HMPC/CV | Hélicoptère de Manœuvre Poste de Commandement / Conduite en Vol   |
| HRA     | Hélicoptère de Reconnaissance et d'Attaque                        |
| IFF     | <i>Identification Friend or Foe</i>                               |
| IHM     | Interface Homme-Machine   |
| IOS     | <i>Instructor Operating Station</i>                               |
| ISPN    | Instructeur Sol du Personnel Navigant                             |
| ISR     | <i>Intelligence, Surveillance and Reconnaissance</i>              |
| JAR     | <i>Joint Aviation Requirements</i>                                |
| JCR/BFT | <i>Joint Capabilities Realease / Blue Force Tracking</i>          |
| JVN     | Jumelles de Vision Nocturne                                       |
| LDT     | Liaison de Données Tactique                                       |
| LI      | <i>Lesson Identified</i>  |
| LL      | <i>Lessons Learned</i>  |
| LLDb    | <i>Lessons Learned Database</i>                                   |
| LOCC    | Logiciel Opérationnel de Conduite du Combat                       |

|               |  |
|---------------|--|
| MAESTRO       | Module Adapté aux Échanges Sécurisés, aux Transmissions et au Raccordement des Opérationnels |
| MCC           | <i>Multi-Crew Cooperation</i>  |
| MCP           | Mise en Condition avant Projection   |
| MIDS          | <i>Multifunctional Information Distribution System</i>                                       |
| MNE           | Modèle Numérique d'Élévation   |
| MNS           | Modèle Numérique de Surface  |
| MNT           | Modèle Numérique de Terrain  |
| MPME          | Module de Préparation de Mission des Équipages hélicoptères<br>ALAT                          |
| MVAVT         | Mécanicien Volant sur Appareils à Voilures Tournantes  |
| Nci/i+/1      | Niveau capacitaire initial/initial plus/1  |
| NCO           | <i>Network-Centric Operations</i> ou <i>NetCentric Operations</i>                            |
| NCS 0/1a/1b/2 | Niveau Capacitaire Scorpion 0/1a/1b/2  |
| NCW           | <i>Network Centric Warfare</i> ou <i>NetCentric Warfare</i>                                  |
| NEB           | Numérisation de l'Espace de Bataille   |
| NEC           | <i>Network Enabled Capability</i>  |
| NFH           | <i>Nato Frigate Helicopter</i>   |
| NFT           | Numérisation des Forces Terrestres   |
| NHE           | Nouvel Hélicoptère École   |
| NNEC          | <i>Nato Network Enabled Capability</i>   |
| NumALAT       | Numérisation de l'ALAT   |
| OCP           | <i>Observation Collection Program</i>  |
| ODB           | Ordre De Bataille  |
| OE SIC Terre  | Opération d'Ensemble Systèmes d'Information et de Communication de l'armée de Terre          |
| OFT           | <i>Office of Force Transformation</i>  |
| OI            | Ordre Initial  |
| OODA          | <i>Observe Orient Decide Act</i>   |
| OPEX          | OPération EXtérieure   |
| OPO           | Ordre d'opérations   |
| OPORD         | <i>OPeration ORDER</i>   |

|          |   |
|----------|---|
| OSC/P    | Officier Sous Contrat / Pilote  |
| PC       | Poste de Commandement   |
| PEA      | Plan d'Étude Amont  |
| PGI      | Progiciel de Gestion Intégré  |
| PM       | Préparation de Mission  |
| PN       | Personnel Navigant  |
| PPT      | <i>Part-Task Trainer</i>  |
| PR4G     | Poste Radio de 4ème Génération  |
| RC       | Réalisme Critique   |
| RETEX    | RETour d'EXpérience (synonyme de REX)                                   |
| RETEXA   | RETour d'EXpérience Accompagné  |
| REX      | Retour d'EXpérience (synonyme de RETEX)                                 |
| RHC      | Régiments d'Hélicoptères de Combat                                      |
| RMA      | <i>Revolution in Military Affairs</i>                                   |
| RODIGE   | Recherches sur l'Organisation, la Dynamique et l'Information de Gestion |
| SA       | Système d'Arme ou <i>Situation Awareness</i>                            |
| SADG     | Système d'Aide à la Décision de Groupe                                  |
| SCORPION | Synergie du COntact Renforcée par la Polyvalence et l'InfOvalorisation  |
| SGTIA    | Sous Groupement Tactique InterArmes                                     |
| SI       | Système d'Information   |
| SIA      | Système d'Information des Armées  |
| SIC      | Système d'Information et de Communication                               |
| SICF     | Système d'Information et de Commandement des Forces                     |
| SICS     | Système d'Information et de Combat Scorpion                             |
| SIG      | Système d'Information Géographique                                      |
| SIO 0-3  | Système d'Information Opérationnel des niveaux 0 à 3                    |
| SIOC     | Système d'Information Opérationnel et de Communication / Commandement   |
| SIR      | Système d'Information Régimentaire                                      |
| SIRPA    | Service d'Informations et de Relations Publiques des Armées             |

|                   |  |
|-------------------|--|
| SIT               | Système d'Information Terminal   |
| SITAC             | Situation Tactique   |
| SITALAT           | Système d'Information Terminal de l'ALAT   |
| SITCOMDE          | Système d'Information du COMbattant DEbarqué                                     |
| SITEL             | Système d'Information Terminal ELémentaire                                       |
| SSI               | Sécurité des Systèmes d'Information  |
| STANAG            | <i>STANDARD Nato AGREEMENT</i>   |
| STR               | Situation Tactique de Référence  |
| TACTIC            | Technologies et Architectures de Combat aéroTerrestre Infovalorisé<br>au Contact |
| TD                | Transmission de Données  |
| TDMA              | <i>Time Division Multiple Access</i>   |
| TDMAi             | <i>Time Division Multiple Access</i> isochrone                                   |
| TDMA <sub>s</sub> | <i>Time Division Multiple Access</i> statique                                    |
| TI                | Technologies de l'Information  |
| TIC               | Technologies de l'Information et de la Communication                             |
| TOT               | <i>Time On Target</i>  |
| TRADOC            | <i>US Army TRAINING and Doctrine Command</i>                                     |
| TRL               | <i>Technology Readiness Level</i>  |
| TTH               | <i>Tactical Transport Helicopter</i>   |
| UMR               | Unité Mixte de Recherche   |
| USRP              | <i>Universal Transverse Mercator Standard Raster Product</i>                     |
| VMAP              | <i>Vector MAP</i>  |
| VOR               | <i>VHF Omni Range</i>  |

## Annexe 5

### Expérimentations NumALAT EDITH

Les quatre images suivantes complètent les tableaux (présentés dans le chapitre 6 de nos travaux) par des enregistrements cartographiques automatiques des parcours (traits bleus et roses) et tirs (traits verts) des patrouilles ayant réalisé la série d'expérimentations. La mission, complexe, incluait une infiltration sous un radar ennemi et la destruction de deux objectifs (un fixe et un mobile). On remarque aisément les difficultés (cercles rouges) de navigation de la patrouille B non numérisée ainsi que la perte de l'un des ailiers de la patrouille D non numérisée, ce qui a entraîné, pour D, l'arrêt prématuré de la mission.

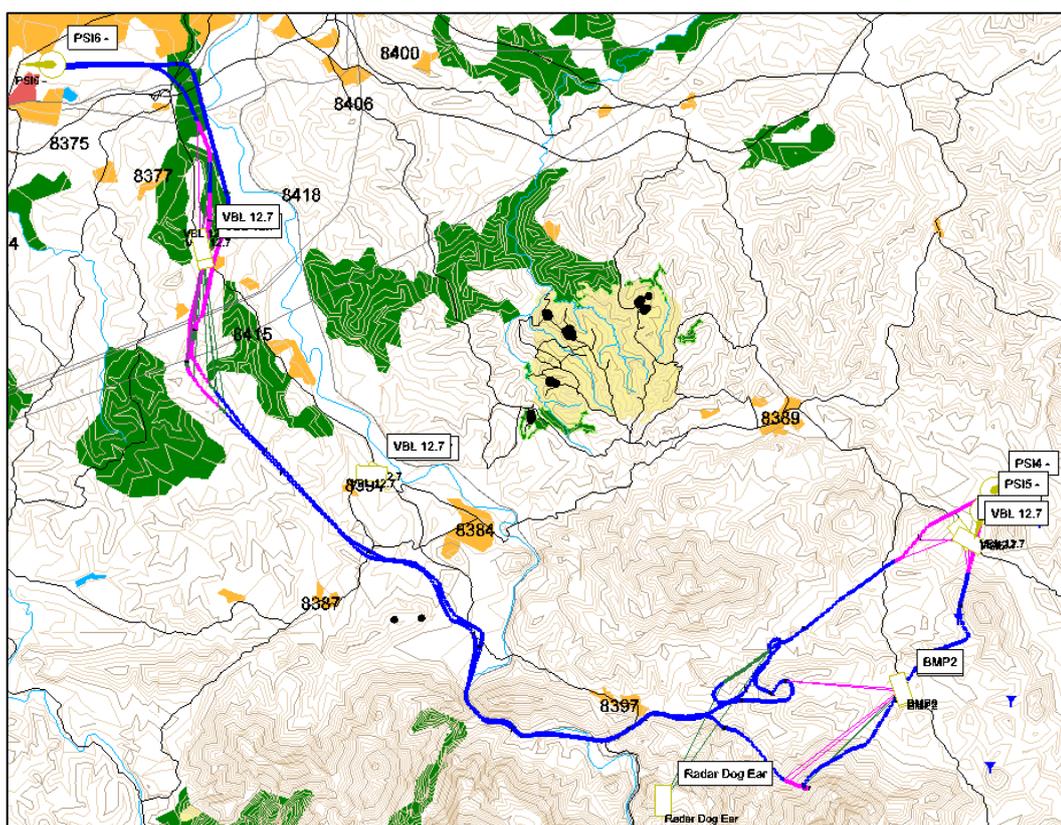


Figure 59. Trajectoires de la patrouille A (numérisée).

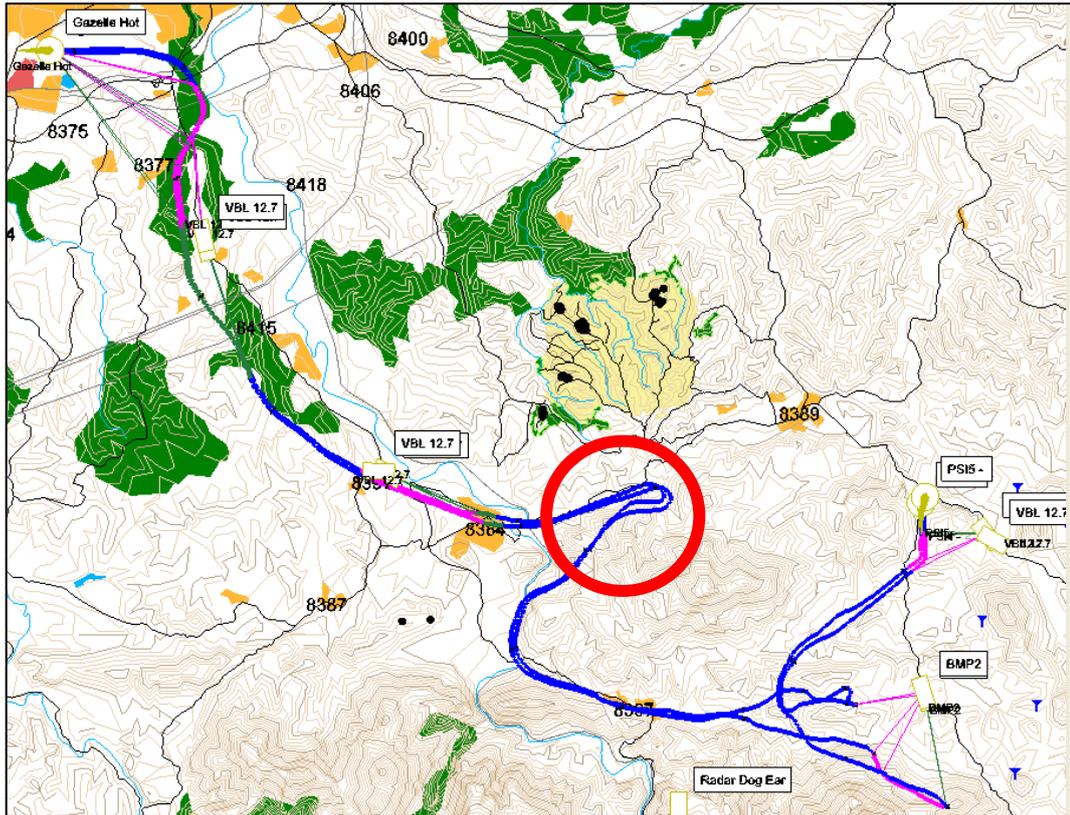


Figure 60. Trajectoires de la patrouille B (non numérisée).

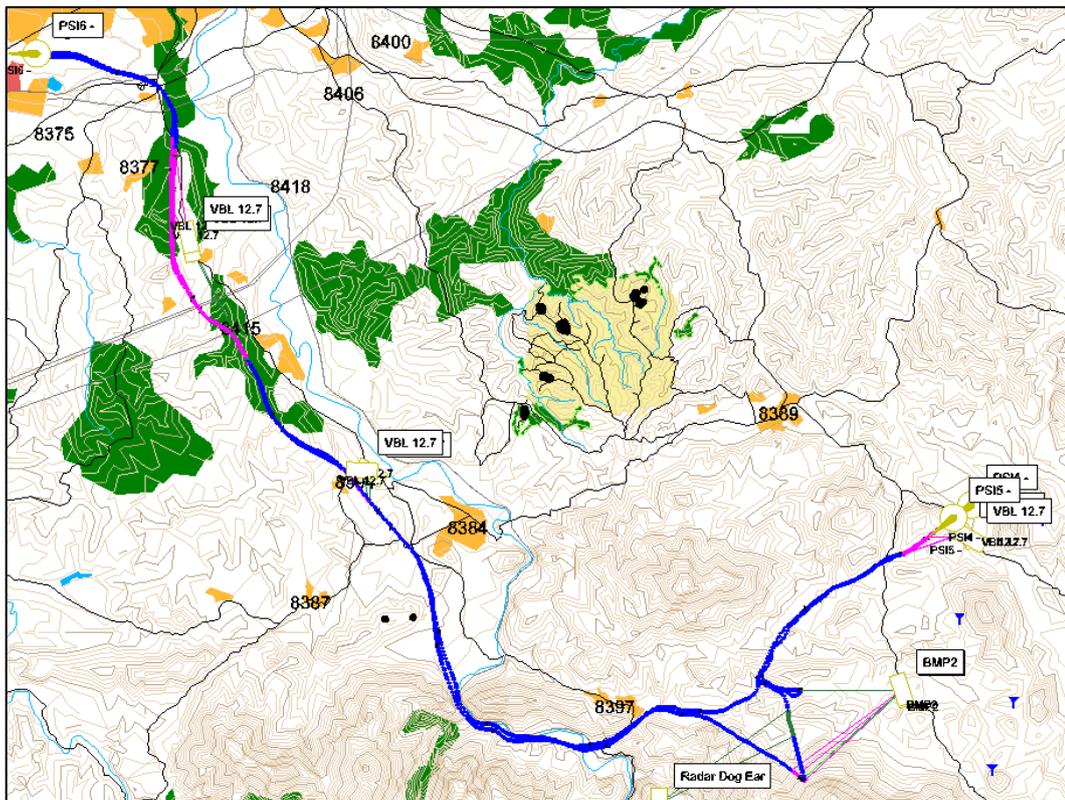


Figure 61. Trajectoires de la patrouille C (numérisée).

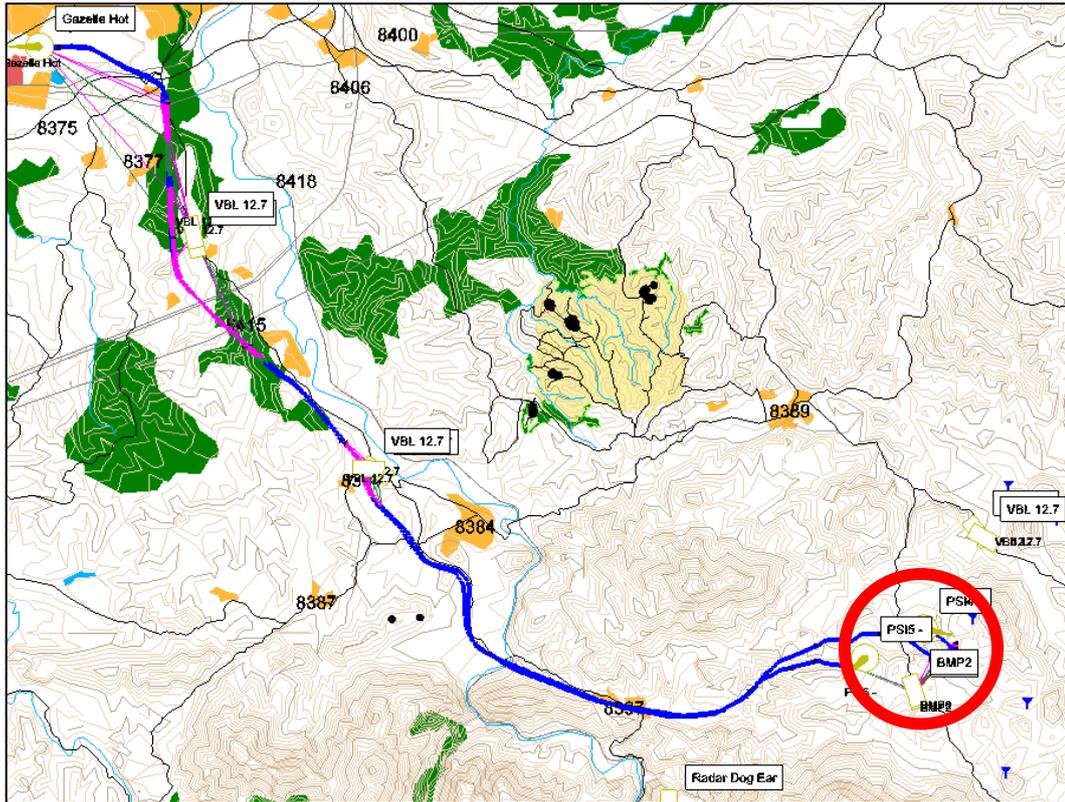


Figure 62. Trajectoires de la patrouille D (non numérisée).

## Annexe 6

### Tableau des réponses aux entretiens

|               | Autocensure                           |   | Inactivation des canaux d'information |                    |  |
|---------------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|--------------------|--|
|               | 1. Interdiction et peur des sanctions | 2. Faible intérêt de la part de la hiérarchie | 3. Manque de motivation               | 4. Manque de temps | 5. Non connaissance de la procédure de RETEX |
| interviewé 1  | 0                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 2  | 1                                     | 1   | 1                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 3  | 1                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 4  | 1                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 1  |
| interviewé 5  | 1                                     | 0   | 0                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 6  | 1                                     | 1   | 1                                     | 1                  | 1  |
| interviewé 7  | 0                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 8  | 1                                     | 1   | 0                                     | 0                  | 0  |
| interviewé 9  | 0                                     | 0   | 0                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 10 | 0                                     | 0   | 0                                     | 1                  | 1  |
| interviewé 11 | 1                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 1  |
| interviewé 12 | 1                                     | 1   | 0                                     | 0                  | 0  |
| interviewé 13 | 1                                     | 0   | 0                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 14 | 0                                     | 0   | 1                                     | 0                  | 0  |
| interviewé 15 | 0                                     | 1   | 1                                     | 0                  | 0  |
| interviewé 16 | 0                                     | 1   | 1                                     | 1                  | 1  |
| interviewé 17 | 1                                     | 1   | 0                                     | 0                  | 0  |
| interviewé 18 | 1                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 19 | 1                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 20 | 1                                     | 1   | 1                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 21 | 1                                     | 0   | 0                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 22 | 0                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 23 | 1                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 1  |
| interviewé 24 | 1                                     | 1   | 0                                     | 0                  | 1  |
| interviewé 25 | 0                                     | 0   | 1                                     | 0                  | 0  |
| interviewé 26 | 0                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 27 | 1                                     | 0   | 0                                     | 0                  | 0  |
| interviewé 28 | 1                                     | 1   | 0                                     | 0                  | 1  |
| interviewé 29 | 1                                     | 1   | 0                                     | 0                  | 0  |
| interviewé 30 | 1                                     | 1   | 1                                     | 0                  | 0  |
| interviewé 31 | 0                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 32 | 0                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 33 | 1                                     | 0   | 0                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 34 | 1                                     | 0   | 0                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 35 | 1                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 36 | 0                                     | 1   | 0                                     | 0                  | 0  |
| interviewé 37 | 1                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 38 | 1                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 39 | 1                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 40 | 1                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 41 | 0                                     | 1   | 1                                     | 0                  | 1  |
| interviewé 42 | 0                                     | 0   | 1                                     | 0                  | 0  |
| interviewé 43 | 0                                     | 1   | 1                                     | 0                  | 0  |
| interviewé 44 | 1                                     | 0   | 0                                     | 0                  | 0  |
| interviewé 45 | 0                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 1  |
| interviewé 46 | 1                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 47 | 1                                     | 1   | 0                                     | 0                  | 0  |
| interviewé 48 | 1                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 1  |
| interviewé 49 | 0                                     | 1   | 1                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 50 | 1                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 0  |
| interviewé 51 | 1                                     | 1   | 0                                     | 0                  | 0  |
| interviewé 52 | 1                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 1  |
| interviewé 53 | 0                                     | 1   | 0                                     | 1                  | 1  |
| interviewé 54 | 1                                     | 1   | 0                                     | 0                  | 0  |

## Annexe 7

### NCW : its origins and future

*By Vice Admiral Arthur K. Cebrowski, U.S. Navy, and John J. Garstka*

*Proceedings, January 1998*

Arising from fundamental changes in American society and business, military operations increasingly will capitalize on the advances and advantages of information technology.

Here at the end of a millennium we are driven to a new era in warfare. Society has changed. The underlying economics and technologies have changed. American business has changed. We should be surprised and shocked if America's military did not.

For nearly 200 years, the tools and tactics of how we fight have evolved with military technologies. Now, fundamental changes are affecting the very character of war. Who can make war is changing as a result of weapons proliferation and the fact that the tools of war increasingly are marketplace commodities. By extension, these affect the where, the when, and the how of war.

We are in the midst of a revolution in military affairs (RMA) unlike any seen since the Napoleonic Age, when France transformed warfare with the concept of « levée en masse ». Chief of Naval Operations Admiral Jay Johnson has called it "a fundamental shift from what we call platform-centric warfare to something we call network-centric warfare," and it will prove to be the most important RMA in the past 200 years.

Network-centric warfare and all of its associated revolutions in military affairs grow out of and draw their power from the fundamental changes in American society. These changes have been dominated by the co-evolution of economics, information technology, and business processes and organizations, and they are linked by three themes:

- The shift in focus from the platform to the network
- The shift from viewing actors as independent to viewing them as part of a continuously adapting ecosystem
- The importance of making strategic choices to adapt or even survive in such changing ecosystems

These themes have changed the nature of American business today, and they also have changed and will continue to change the way we conduct the sometimes violent business of the military. We are some distance from a detailed understanding of the new operations -- there is as yet no equivalent to Carl von Clausewitz's *On War* for this second revolution -- but we can gain some insight through the general observation that nations make war the same way they make wealth.

### **The Underlying Economics Have Changed**

The organizing principle of network-centric warfare has its antecedent in the dynamics of growth and competition that have emerged in the modern economy. The new dynamics of competition are based on increasing returns on investment, competition within and between ecosystems, and competition based on time. Information technology (IT) is central to each of these.

The U.S. economy has been on a steady growth path generally attributed to the emergence of larger global markets, the globalization of labor and capital, and the widespread application of information technology within business enterprises. To get an idea of the magnitude of investment in information technology, consider the fact that the information technology sector -- only a small fraction of the economy (3% in 1996) -- has been the largest contributor to growth in gross domestic product. In 1996, its contribution was 33%, with an average of 27% over the past three years. Within this sector, competition based on increasing returns has emerged as a new dynamic.

The preponderance of competition in the economy is characterized by decreasing returns on investment. Referred to here as "Economy A," it is characterized by stability, market share equilibrium, and decreasing returns on investment. Competing products or services are interchangeable, and multiple companies provide roughly comparable goods and services. As a result, there is no mechanism for product lock-in. Efforts to increase market share yield decreasing returns on investment because of constraints in intellectual capital, physical plant, or distribution or because of the response of a competitor.

Competition based on increasing returns is different. "Economy B" is the much smaller but much discussed part of the economy characterized by extraordinary growth and wealth generation, increasing returns on investment, the absence of market share equilibrium, and the emergence of mechanisms for product lock-in. It is the engine for America's powerhouse

economy. Competing products are based on competing standards, are not necessarily interoperable, or require skill sets that are not easily transferable. This is especially true of key types of information technology, such as video cassette recorders, personal computers, and communications technology. In addition, in key sectors of Economy B, the laws of supply and demand that govern Economy A have been turned on their heads. As demand for personal computers increases, for example, price for constant performance decreases.

In Economy B, a product or product standard attains such a dominant position that consumers drop competing products because of concerns about the availability of "content" or product support or because they prefer a familiar product based on existing skills or content. In the case of the typewriter, lock-in was based on the skill set associated with the "QWERTY" keyboard. For the VCR, lock-in was based on the VHS price/performance advantage over Beta and was reinforced by the content providers' decision to release movies in VHS format. Everyone who bought Beta switched and lock-in was achieved.

With personal computers, lock-in of the Windows-Intel (WINTEL) standard emerged as a result of multiple factors that combined to reduce the initially dominant Apple Computer technology to a niche. An important early advantage was a new business computing application (the spreadsheet) optimized to run on the DOS-Intel standard introduced by IBM. In the first three months after the introduction of Lotus 1-2-3, IBM's PC sales tripled. This initial success was reinforced by a superior licensing strategy, the emergence of PC clones, and the decision by software vendors to develop applications first for the ecosystem with the largest market share -- WINTEL. Locking-out competition and locking-in success can occur quickly, even overnight. We seek an analogous effect in warfare.

### **The Underlying Technologies Have Changed**

Information technology is undergoing a fundamental shift from platform-centric computing to network-centric computing. Platform-centric computing emerged with the widespread proliferation of personal computers in business and in the home. The significant investment the IT sector makes in research and development and product development (in some cases up to 18% of sales) has led to key technologies that have created the conditions for the emergence of network-centric computing.

This shift is most obvious in the explosive growth of the internet, intranets, and extranets. Internet users no doubt will recognize transmission control protocol/internet protocol

(TCP/IP), hypertext transfer protocol (HTTP), hypertext markup language (HTML), Web browsers (such as Netscape Navigator, and Microsoft's Internet Explorer), search engines, and Java™ Computing. These technologies, combined with high-volume, high-speed data access (enabled by the low-cost laser) and technologies for high-speed data networking (hubs and routers) have led to the emergence of network-centric computing. Information "content" now can be created, distributed, and easily exploited across the extremely heterogeneous global computing environment.

Network-centric computing is governed by Metcalfe's Law, which asserts that the "power" of a network is proportional to the square of the number of nodes in the network. The "power" or "payoff" of network-centric computing comes from information-intensive interactions between very large numbers of heterogeneous computational nodes in the network. Sun Microsystems may have been the first to point out that it is not so much about the computer as it is about the computer in the networked condition. Under fierce competitive pressure, and sensing a strategic opportunity in this fundamental shift in computing, IBM Chairman Lou Gerstner announced that IBM was moving to network-centric computing. The compelling business logic for this shift in strategy was the opportunity for IBM to link its heterogeneous computing lines more effectively and provide increased value for its customers. This is the same value proposition we seek in warfare.

### **Business of America Has Changed**

The emergence of the dynamic and unstable Economy B has changed the American way of business significantly. First, many firms have shifted their focus to the much larger, adaptive, learning ecosystems in which they operate. Not all actors in an ecosystem are enemies (competitors); some can have symbiotic relationships with each other. For such closely coupled relationships, the sharing of information can lead to superior results. Second, time has increased in importance. Agile firms use superior awareness to gain a competitive advantage and compress timelines linking suppliers and customers. Even firms that operate in Economy A have found ways to harness Economy B technologies and techniques to increase efficiency and productivity. Central to these developments is the shift to network-centric operations, which are characterized by information-intensive interactions between computational nodes on the network. Whether these interactions are focused on commerce, education, or military operations, there is "value" that is derived from the content, quality, and timeliness of information moving between nodes on the network. This value increases as information

moves toward 100% relevant content, 100% accuracy, and zero time delay -- toward information superiority.

Dominant competitors across a broad range of areas have made the shift to network-centric operations -- and have translated information superiority into significant competitive advantage -- but the benefits are particularly apparent in transaction-intensive operations, such as retailing and securities trading. Wal-Mart and Deutsche Morgan Grenfell are two firms that have made the shift to network-centric operations. Both have gained tremendous competitive advantages by co-evolving their organizations and processes to exploit information technology. Characteristic of big winners, they employ network-centric operational architectures that consist of a high-powered information backplane (or information grid), a sensor grid, and a transaction grid. These architectures provide the ability to generate and sustain very high levels of competitive space awareness, which is translated into competitive advantage.

Leading U.S. firms have come to understand and employ this network calculus well.

- The shift from platform to network is what enables the more flexible and more dynamic (and profitable) network-centric operation. Therefore, the construction of high-quality networks is their top priority.
- The shift from viewing partners as independent to viewing partners as part of a continuously adapting ecosystem increases speed and profitability in both sales and production. Therefore, they have developed high-speed sensor grids and automated command-and-control systems closely coupled with their transaction grids.
- The key to market dominance lies in making strategic choices appropriate to changing ecosystems. Simply pursuing operational effectiveness while adhering to an obsolete strategy is a formula for failure.

### **How Can the Military Not Change?**

Network-centric operations deliver to the U.S. military the same powerful dynamics as they produced in American business. At the strategic level, the critical element for both is a detailed understanding of the appropriate competitive space -- all elements of battlespace and battle time. Operationally, the close linkage among actors in business ecosystems is mirrored in the military by the linkages and interactions among units and the operating environment. Tactically, speed is critical. At the structural level, network-centric warfare requires an

operational architecture with three critical elements: sensor grids and transaction (or engagement) grids hosted by a high-quality information backplane. They are supported by value-adding command-and-control processes, many of which must be automated to get required speed.

Network-centric warfare enables a shift from attrition-style warfare to a much faster and more effective warfighting style characterized by the new concepts of speed of command and self-synchronization. Attrition is the traditional "Economy A" analogue because it yields decreasing returns on investment. Reversals are possible, and frequently the outcome is in doubt.

Network-centric warfare, where battle time plays a critical role, is analogous to the new economic model, with potentially increasing returns on investment. Very high and accelerating rates of change have a profound impact on the outcome, "locking-out" alternative enemy strategies and "locking-in" success. There are two complementary ways that this is accomplished:

- Network-centric warfare allows our forces to develop speed of command.
- Network-centric warfare enables forces to organize from the bottom up -- or to self-synchronize -- to meet the commander's intent.

Speed of command has three parts: (1) The force achieves information superiority, having a dramatically better awareness or understanding of the battlespace rather than simply more raw data. Technologically, this will require excellent sensors, fast and powerful networks, display technology, and sophisticated modeling and simulation capabilities. (2) Forces acting with speed, precision, and reach achieve the massing of effects versus the massing of forces. (3) The results that follow are the rapid foreclosure of enemy courses of action and the shock of closely coupled events. This disrupts the enemy's strategy and, it is hoped, stops something before it starts. One of the strengths of network-centric warfare is its potential, within limits, to offset a disadvantage in numbers, technology, or position.

Speed of command facilitates the lock-out phenomenon observed in Economy B, but with even more powerful effects. Lock-out often takes years to achieve in business, but in warfare it can be achieved in weeks or less.

The joint suppression of air defense mission provides an example at the tactical level of how the increased combat power associated with network-centric operations can contribute to

speed of command and lock-out. The High-speed Anti-Radiation Missile (HARM) is used to suppress or destroy enemy surface-to-air missile (SAM) sites. When we employ platform-centric operations in this scenario, we achieve virtually no kills. The HARM still will suppress the SAM sites--because site operators realize that these missiles are out there and so adjust their behavior--but those sites will stay there through the duration of the war. Consequently, aircraft that carry HARM missiles have to fly throughout the entire campaign, and all strike aircraft continue to be at risk. By shifting to modern digital technology, we can increase battlespace awareness to yield increased combat power, with more targets destroyed. But if, through co-evolution of systems, organization, and doctrine, we introduce other shooters that are capable of attacking SAM sites, such as ATACMS, and employ them as part of an engagement grid, virtually all of the sites can be destroyed in the same amount of time. It is easy to focus on the number of sites destroyed, but the payoff is in the initial very high rate of change. When 50% of something important to the enemy is destroyed at the outset, so is his strategy. That stops wars -- which is what network-centric warfare is all about.

Military operations are enormously complex, and complexity theory tells us that such enterprises organize best from the bottom-up. Traditionally, however, military commanders work to obtain top-down command-directed synchronization to achieve the required level of mass and fires at the point of contact with the enemy. Because each element of the force has a unique operating rhythm, and because errors in force movement needlessly consume combat power, combat at the operational level is reduced to a step function, which takes time and provides opportunity to the enemy. After the initial engagement, there is an operational pause, and the cycle repeats.

In contrast, bottom-up organization yields self-synchronization, where the step function becomes a smooth curve, and combat moves to a high-speed continuum. The "Observe-Orient-Decide-Act (OODA) Loop" appears to disappear, and the enemy is denied the operational pause. Regaining this time and combat power amplifies the effects of speed of command, accelerating the rate of change and leading to lock-out. Self-synchronization was illustrated during the Taiwan Straits crisis. In 1995, when the People's Republic of China attempted to influence Taiwanese elections with some high-quality saber rattling, the United States quickly dispatched carrier battle Groups, and the situation seemed to settle out. For our purposes, the most exciting part of that story was the fundamentally different way that command and control was exercised. Then-Vice Admiral Clemins, as Commander, Seventh

Fleet, and his subordinates reduced their planning timelines from days to hours. This order of magnitude change suggests that something very fundamental is happening.

One reason we say that no plan survives initial contact with the enemy is because situational awareness does not. In platform-centric military operations, situational awareness steadily deteriorates. It is reestablished periodically, but it only then deteriorates again. Network-centric operations such as those used in the Taiwan Straits example create a higher awareness, and allow it to be maintained. Such awareness will improve our ability to deter conflict, or to prevail if conflict becomes unavoidable. This is not just a matter of introducing new technology; this is a matter of the co-evolution of that technology with operational concepts, doctrine, and organization. The enabler, of course, is technology. In the Taiwan case, Admiral Clemens was able to use e-mail, a very graphic-rich environment, and video teleconferencing to achieve the effect he wanted.

We are beginning to see the broad impact of network-centric warfare throughout the fleet, as key technology building blocks are deployed. In early 1997, a single aircraft carrier in the western Pacific sent 54,000 e-mails in one month -- about half the amount of all of the traditional message traffic that was sent in Western Pacific during the same time. That is an example of a very complex outfit organizing itself from the bottom up. Now it is the norm. Such capabilities enable a move into the realm of speed of command. Questions decrease because ambiguity decreases, collegiality increases, and timelines shorten.

### **The Emerging Logical Model**

The structural or logical model for network-centric warfare has emerged. The entry fee is a high-performance information grid that provides a backplane for computing and communications. The information grid enables the operational architectures of sensor grids and engagement grids. Sensor grids rapidly generate high levels of battlespace awareness and synchronize awareness with military operations. Engagement grids exploit this awareness and translate it into increased combat power. Many key elements of these grids are in place or available. For example, at the planning level, the elements of a DoD-wide intranet are emerging. To assure interoperability, all elements of the grids must be compliant with the Joint Technical Architecture and the Defense Information Infrastructure common operating environment. However, their full integration into a more powerful warfighting ecosystem is only partially complete.

This is not theory -- it is happening now. For example, new classes of threats have required increased defensive combat power for joint forces. The combat power that has emerged -- the cooperative engagement capability (CEC) -- was enabled by a shift to network-centric operations. CEC combines a high-performance sensor grid with a high-performance engagement grid. The sensor grid rapidly generates engagement quality awareness, and the engagement grid translates this awareness into increased combat power. This power is manifested by high probability engagements against threats capable of defeating a platform-centric defense. The CEC sensor grid fuses data from multiple sensors to develop a composite track with engagement quality, creating a level of battlespace awareness that surpasses whatever can be created with stand-alone sensors. The whole clearly is greater than the sum of the parts.

### **How to Get There**

No one operates better than the U.S. Navy. Our forward presence force is the finest such force in the world. But operational effectiveness in the wrong competitive space may not lead to mission success. More fundamentally, has the underlying rule set changed so that we are now in a different competitive space? How will we revalue the attributes in our organization?

To choose a sporting example, although the objective of the game, the number of plays, and the operating environment are essentially the same, football is fundamentally different from soccer because its underlying rule set is different. Accordingly, the competitive attributes of mass, continuity of play, self-synchronization, sustained speed, and others are revalued. There are important differences between the ways a soccer coach and a football coach would recruit, train, and organize their teams.

Similarly, if we decide to fight on a network-centric rather than platform-centric basis, we must change how we train, how we organize, and how we allocate our resources. A good understanding of our competitive space, therefore, is vital to achieving success. The Navy, indeed all services, must make these strategic decisions to maximize future combat power and relevance. Because a network-centric force operates under a different, more modern rule set than a platform-centric force, we must make fundamental choices in at least three areas: intellectual capital, financial capital, and process.

- **Intellectual Capital.** Information-based processes are the dominant value-adding processes in both the commercial world and the military. Yet the military fails to reward competence in

these areas. "Operator" status frequently is denied to personnel with these critical talents, but the value of traditional operators with limited acumen in these processes is falling, and ultimately they will be marginalized, especially at mid-grade and senior levels. The war fighter who does not understand the true source of his combat power in such things as CEC, Global Command and Control System, and Link-16 simply is worth less than those who do. The services must both mainstream and merge those with technical skills and those with operational experience in these areas. These are the new operators.

Every new revolution in military affairs produces a new elite. The inherent cultural changes are the most difficult and protracted. We must start now. While we delay, our people, our most vital asset, are deciding that they want to compete on a different team.

- Financial Capital. Navy decision making across a broad front is aligning with the network-centric warfare strategy. We are moving forward rapidly with ship- and aircraft-launched weapons that have reach, precision, and responsiveness, and advanced C2 concepts are under development.

The Navy's umbrella strategy for enabling the IT elements of network-centric warfare is Information Technology for the 21st Century (IT-21). It provides for accelerated implementation of customer-led command, control, communications, computers, and intelligence (C4I) innovations and existing C2 systems/capabilities (programs of record). The Navy's commitment to funding IT began in fiscal year 1997. For the fiscal year 1999 budget request and the Future Years Defense Program, Navy funding for IT-21-related programs exceeds \$2.5 billion. Battle Groups and amphibious ready Groups are deploying with increasing network capabilities.

All elements of the network-centric warfare model must move forward if the promise of the revolution is to be realized. Delays will mean higher costs, reduced combat power, and, in the joint arena, failure to achieve the concepts of Joint Vision 2010.

- Transformation Process. In spite of a ponderous acquisition process, technology insertion is ahead of and disconnected from joint and service doctrine and organizational development. The problem is cultural and systemic. A process for the co-evolution of technology, organization, and doctrine is required.

Service experimentation programs are a vital first step. While the temptation may be to take some units out of readiness reporting status for use in an experimental force, the result would

be to isolate the larger force from the process. The objective is to create an ethos for experimentation, innovation, and a willingness to risk across the entire force. Specific top-down experimentation will be required because of cost and size or to establish overarching priorities, but these are expected to spawn experiments from the bottom up and facilitate cultural and organizational changes. That is the concept behind the Navy's Fleet Battle Experiment Program.

The concepts of network-centric operations, shifting competitive spaces, changing underlying rule sets, and co-evolution are not mere theory. They have been applied successfully under demanding conditions with encouraging results. Similarly, these concepts are not limited to a few optimum circumstances. The crime rate in New York City, for example, was reduced dramatically through the application of these concepts.

We may be special people in the armed forces, but we are not a special case. It would be false pride that would keep us from learning from others. The future is bright and compelling, but we must still choose the path to it. Change is inevitable. We can choose to lead it, or be victims of it. As B. H. Liddell Hart said, "The only thing harder than getting a new idea into the military mind is getting an old one out."

Note:

**Network-Centric Warfare** derives its power from the strong networking of a well-informed but geographically dispersed force. The enabling elements are a high-performance information grid, access to all appropriate information sources, weapons reach and maneuver with precision and speed of response, value-adding command-and-control (C2) processes -- to include high-speed automated assignment of resources to need -- and integrated sensor grids closely coupled in time to shooters and C2 processes. Network-centric warfare is applicable to all levels of warfare and contributes to the coalescence of strategy, operations, and tactics. It is transparent to mission, force size and composition, and geography.

**Speed of Command** is the process by which a superior information position is turned into a competitive advantage. It is characterized by the decisive altering of initial conditions, the development of high rates of change, and locking in success while locking out alternative enemy strategies. It recognizes all elements of the operating situation as parts of a complex adaptive ecosystem and achieves profound effect through the impact of closely coupled events.

**Self-Synchronization** is the ability of a well-informed force to organize and synchronize complex warfare activities from the bottom up. The organizing principles are unity of effort, clearly articulated commander's intent, and carefully crafted rules of engagement. Self-synchronization is enabled by a high level of knowledge of one's own forces, enemy forces, and all appropriate elements of the operating environment. It overcomes the loss of combat power inherent in top-down command directed synchronization characteristic of more conventional doctrine and converts combat from a step function to a high-speed continuum.

# Annexe 8

## Système de simulation EDITH V3

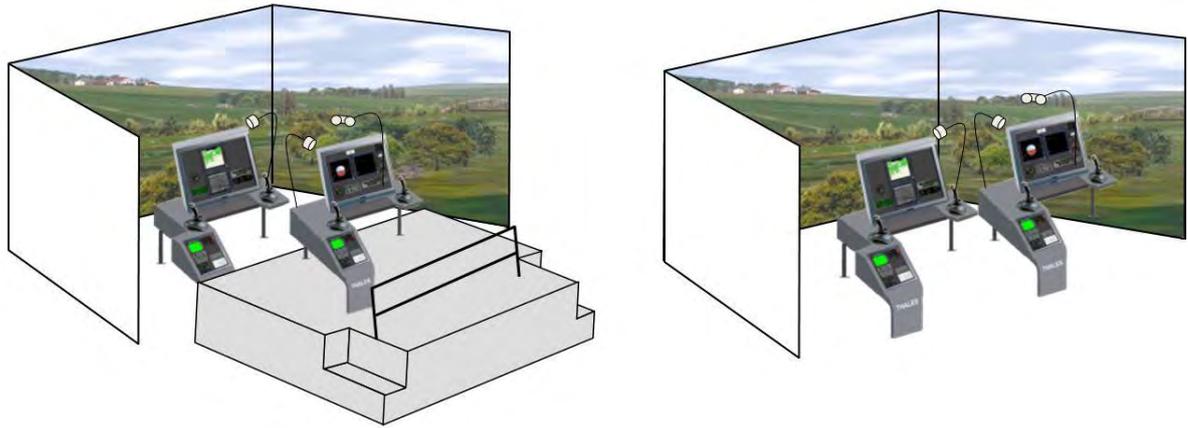
Le système de simulation distribuée EDITH V3 du groupe Thales a fait l'objet d'une démarche incrémentale depuis le 10 juillet 2000 avec :

- la **version 1 expérimentale** inaugurée à l'EALAT le 16 septembre 2002 ;
- la **version 2** livrée à l'EALAT en 2004 ;
- la **version 3** livrée en 2008 et inaugurée officiellement le 08 octobre 2009 à l'EALAT. Actuellement l'ensemble de l'ALAT dispose de la V3.3. Le COMALAT est engagé dans un processus de réflexion pour une V4 via un jalon intermédiaire V3.4.

Ce dispositif est dévolu principalement à la formation et l'entraînement tactique des chefs de bord, chefs de patrouille et commandants d'unités. Les stagiaires ou équipages sont immergés dans des environnements tactiques proches de la réalité opérationnelle. De plus, la qualité de la base de données KKS fait que son utilisation prend une part grandissante lors de la Mise en Condition avant Projection (MCP) des équipages ; ces derniers pouvant se « familiariser » avec le terrain Afghan grâce à l'importante résolution des données géographiques.

EDITH est composé de six postes configurables selon sept types d'hélicoptères différents (figure 63). L'ALAT possède quatre systèmes complets : un à l'EALAT (figure 64) et un dans chacun des trois régiments. Les cockpits sont génériques et seuls quelques dispositifs particuliers sont reproduits (notamment les armements et le SITALAT). Le modèle de vol n'est volontairement pas réaliste et les moyens informatiques sont considérés comme bas-coûts (COTS ou GOTS).

La force de cet outil provient de son CGF (*Computer Generated Forces*) et plus particulièrement du logiciel de gestion tactique SETHI (Simulateur d'Environnement Tactique Hétérogène Interactif) qui permet aux formateurs et animateurs d'interagir en temps réel avec la simulation : modifications d'itinéraires, création de forces adverses, animation de pions « virtuels », animation radio avec la tour de contrôle, évolution des conditions météorologiques, etc.



**Figure 63. Les 6 postes configurables en mode tandem ou côte à côte.**



**Figure 64. La salle du système de simulation distribuée EDITH.**

# Annexe 9

## Autorisation d'inscription en thèse



Liberté • Égalité • Fraternité  
REPUBLIQUE FRANÇAISE

**MINISTÈRE DE LA DÉFENSE**



ARMÉE DE TERRE

---

**BASE ÉCOLE  
GÉNÉRAL LEJAY**

Le Cannet des Maures, le 31 JUIL 2009  
N° EAALAT BEGL PC  
04367

Le colonel Lucien SALVA  
commandant la base école général Lejay

à

Monsieur Ivan Pastorelli  
Laboratoire GREDEG  
Unité de Nice Sophia Antipolis n°6227  
250, avenue Albert Einstein, bât. 2  
06560 VALBONNE

**Objet :** Inscription en thèse de doctorat du sous-lieutenant Lépinard.

Monsieur,

C'est avec grand plaisir que je constate l'intérêt que vous portez au développement d'un partenariat entre le laboratoire GREDEG et le centre de simulation de l'école d'application de l'aviation légère de l'armée de l'armée de Terre, par le biais d'une inscription en thèse de doctorat du sous-lieutenant Lépinard.

Précurseur dans le cadre de la simulation tactique et technique dans le domaine de l'aérocombat, l'aviation légère de l'armée de Terre souhaite accroître sa compétence en la matière. Dans un environnement contraint en ressources humaines et financières, la simulation permet d'optimiser l'efficacité de la formation de notre personnel, et ses perspectives d'évolution sont considérables.

Aussi j'apporte mon soutien entier à votre demande d'inscription du sous-lieutenant Lépinard en thèse de doctorat de votre université. Les modalités pratiques de ce partenariat pourront être traitées directement avec l'intéressé et le lieutenant-colonel BOUVIER, chef du centre de simulation de mon école (tél. : 04 98 11 73 04).

Je vous prie de croire, Monsieur, à l'assurance de mes sentiments les meilleurs.





BASE ÉCOLE GENERAL LEJAY - 83340 LE CANNET DES MAURES - TEL : 04 98 11 72 01 FAX : 04 98 11 74 98  
COORDRIEL : lucien.salva@eaalat-le-luc.terre.defense.gouv.fr

# Annexe 10

## Certificat de qualification FNPT III



Liberté · Egalité · Fraternité  
REPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, de  
l'Énergie, du Développement  
durable et de La Mer



direction générale  
de l'Aviation civile

**Direction de la  
Sécurité de  
l'Aviation Civile**

Direction Technique  
des Personnels Navigants

Pôle Formation, Ecoles et  
simulateurs

### Certificat de Qualification FSTD

*(FSTD Qualification Certificate)*

## N° FR-374

La Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC/F), certifie que  
le simulateur d'entraînement au vol  
*(on behalf of the French DGAC, it is hereby certified that the under mentioned flight  
Simulation Training Device)*

### GENERIC SET CLOSE TO SA 342M

*(s/n 1005-EF16)*

Situé à  
*(located at)*

### EA ALAT LE LUC - FRANCE

satisfait les exigences de qualification du JAR-FSTD H et  
est qualifié en tant que FNPT III.  
*(has satisfied the qualification requirements prescribed in JAR-FSTD H and is  
qualified as FNPT III)*

Ce certificat n'est pas transmissible et, à moins qu'il ne soit  
suspendu, retiré ou modifié, reste valable jusqu'au :  
*(this certificate is not transferable and unless sooner suspended revoked or varied,  
shall continue in effect until :)*

## 31 juillet 2010

*(31 July 2010)*

Paris, le 04 Septembre 2009  
*Paris, September 04th 2009*

Pour le Ministre et par délégation



Chef de Pôle Formation, Ecoles et Simulateurs  
Bruno HALLER



# Résumé

L'Aviation Légère de l'Armée de Terre (ALAT) s'est engagée depuis le début des années 2000 dans la Numérisation de l'Espace de Bataille. Peu de travaux académiques ont abordé ce thème alors que ses implications pourraient mener à un changement de paradigme dans l'aérocombat. L'objet de cette thèse est de mettre en évidence de nouvelles possibilités d'évolutions du Système d'Information par la prise en compte des usages émergents développés par les pilotes de l'ALAT au contact du Module de Préparation de Mission des Équipages. Notre recherche étudie ces usages émergents, compris comme des bricolages au sens de Ciborra, par le prisme théorique de la sociomatérialité. Nous démontrons toutefois que son opérationnalisation est subordonnée d'une part au cadre épistémologique du Réalisme Critique et d'autre part à la mise en place d'une nouvelle méthode de Retour d'Expérience.

**Mots clés :** Aviation Légère de l'Armée de Terre, Numérisation de l'Espace de Bataille, aérocombat, Systèmes d'Information, Module de Préparation de Mission des Équipages, bricolage, sociomatérialité, Réalisme Critique, Retour d'Expérience

## *Abstract*

*Since the beginning of the 21st century, the French Army Light Aviation (ALAT) has been concerned with the process of digitalization of the battlefield. In the meantime, only very few scholars had addressed this issue although the consequences of such studies could lead to a paradigm shift in the aerocombat. This Ph.D. thesis aims to outline a series of new outcomes in terms of evolutions of the Information System understood from the perspective of emerging uses developed by the ALAT pilots dealing with Helicopter Mission Planning. This research studies the emerging uses apprehended as "bricolages" in Ciborra's sense and in the socio materiality theoretical framework. However, the operationalization of the results is subject to the epistemological framework of critical realism, on the one hand, and to the implementation of new methods in terms of experience feedbacks (Lessons Learned), on the other hand.*

**Key Words :** *French Army Light Aviation, Digitization of the battlefield, aerocombat, Information Systems, Helicopter Mission Planning, bricolage, sociomateriality, Critical Realism, Lessons Learned*