



**HAL**  
open science

# Les processus cognitifs dans les activités d'ordonnancement en environnement incertain

Koosha Khademi

► **To cite this version:**

Koosha Khademi. Les processus cognitifs dans les activités d'ordonnancement en environnement incertain. Psychologie. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, 2016. Français. NNT : 2016TOU20048 . tel-01950362

**HAL Id: tel-01950362**

**<https://theses.hal.science/tel-01950362v1>**

Submitted on 10 Dec 2018

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

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



# THÈSE

En vue de l'obtention du  
**DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE**

Délivrée par :  
Université Toulouse II – Jean Jaurès

---

Présentée et soutenue par :

**Koosha KHADEMI**

Le vendredi 01 juillet 2016

**Titre :**

Les processus cognitifs dans les activités d'ordonnancement en  
environnement incertain

---

**École doctorale et discipline ou spécialité :**

ED CLESCO : Ergonomie

**Unité de recherche :**

Équipe d'accueil doctoral CSDV – ISAE  
Équipe d'accueil SCoTE

**Directeurs de Thèse :**

Julien CEGARRA  
Pierre LOPEZ

Professeur des Universités, INU Champollion, Albi  
Directeur de recherche, LAAS-CNRS, Toulouse

*Co-directeur*  
*Co-directeur*

**Examineurs :**

Frédéric VANDERHAEGEN  
Régis MOLLARD  
Bernard GRABOT  
Liên WIOLAND

Professeur des Universités, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis  
Professeur des Universités, Université Paris Descartes  
Professeur des Universités, École Nationale d'Ingénieurs de Tarbes  
Responsable d'étude, INRS, Vandœuvre-lès-Nancy

Khademi, K. (2016). Les processus cognitifs dans les activités d'ordonnancement en environnement incertain. Thèse de doctorat en Ergonomie, Université Jean Jaurès, Toulouse, France.

# Remerciements

---

Commencer à rédiger ce chapitre de remerciements me procure à cet instant précis, une joie... indescriptible. Évidemment, parce que cette étape symbolise la fin de la rédaction du manuscrit et son lot de mésaventures ! L'ironie mise de côté, la rédaction des quelques paragraphes suivants représente pour moi l'opportunité de remercier chaleureusement les personnes sans lesquelles je ne serais probablement pas parvenu à devenir doctorant, et encore moins docteur.

On entend souvent dire que la thèse de doctorat ce n'est pas un sprint, mais une épreuve d'endurance. Ce que l'on ignore davantage, c'est qu'il s'agit bien plus d'un sport collectif que d'une course individuelle. Alors, à vous tous qui m'avez entouré pour atteindre cette dernière ligne droite, je vous dis un simple, mais un très grand **Merci** !...

Plus précisément, **j'adresse mes sincères remerciements :**

À Julien Cegarra, mon co-directeur, à l'origine de ce projet de thèse. Une relation basée sur la confiance, construite sur la durée depuis mes premiers pas en Licence. Entre accompagnement et autonomie, rigueur et souplesse, franchise et diplomatie, distance et proximité, humour et sérieux... vous avez parfaitement su trouver le juste milieu qui me convenait. Rassurant scientifiquement et humainement, c'est en grande partie grâce à vous que j'ai vécu le doctorat comme une période très agréable de ma vie.

À Pierre Lopez, mon co-directeur toulousain, simple et efficace comme la Recherche Opérationnelle ! Vos remarques, vos conseils et votre bienveillance m'ont été d'un grand soutien pendant cette aventure de thèse. Sans les 80km qui nous séparent, j'aurais adoré profiter encore plus de votre bagage scientifique et de vos nombreuses qualités humaines.

À Messieurs Frédéric Vanderhaegen, Régis Mollard et Bernard Grabot, pour avoir accepté d'évaluer mes travaux, en cette période « d'embouteillage scientifique ».

À Liên Wioland et Virginie Govaere, chercheuses au département de L'Homme au travail à l'INRS. J'ai particulièrement apprécié notre collaboration et nos échanges scientifiques, toujours dans la bonne humeur. Un merci tout particulier pour votre investissement et votre soutien dans les périodes intenses de remise de livrables représentant des moments clés dans mon parcours de doctorat.

À l'INU Champollion, « mon » université de cœur ; à l'INRS et à la région Midi-Pyrénées, pour avoir soutenu et financé cette thèse de doctorat. Je remercie également l'école doctorale CLESCO et l'équipe d'accueil doctoral CSDV-ISAE.

Aux entreprises qui m'ont ouvert leurs portes et ont donné vie à la dimension empirique de mes travaux. À toutes ces personnes passionnées et passionnantes, qui m'ont fait découvrir leurs structures de travail et leurs métiers : Gaëtan, Romaric, Francis, Jérôme, Pierre, Aude, Claire...

À tous les membres de l'équipe SCoTE. À Marie-Françoise, me gratifiant constamment de son expérience et de sa bienveillance 8 années durant. À Bruno et Anne-Claire, véritables moteurs dans mes premières années d'apprentissage à l'Université. Aux « nouveaux », Isabelle, Rémi et Cédric, pertinents scientifiquement et fort sympathiques humainement. À Karen, pour son sens de l'organisation et son souci de conciliation.

À mes compagnons de joie et de galère du bureau JJ306. Pauline, amie de longue date, fine pâtissière, redoutable swingueuse, digne représentante de Montredon-Labessonnié, maîtresse dans l'art de résoudre aisément les questionnements des autres et de se débattre face à ses propres incertitudes ! Gilles, le geek génération 2.0 ayant bien plus d'une corde à son arc, le cœur sur la main et la main tendue toujours vers les autres. Agnès, doctorante rigoureuse et passionnée, qui a pour seul défaut d'être végétarienne ! Charlotte, future doctorante, dont la spontanéité et l'abnégation lui réservent de belles années à venir à l'Université. Christophe, l'électron libre ! Celui dont le désordre de son bureau n'a d'égal que la plénitude de son cœur, rempli d'affections et d'attentions.

À tous les autres qui ont un jour franchi la porte du bureau JJ306 : Elsa, Yann et Victor, « égarés » en sociologie ; les doctorantes issues de contrées lointaines de POM, Caroline la Brésilienne, Nadège la Belge ; Pierre-Vincent, la force scientifique tranquille ; Les géographes sportifs, Mathieu et Thibault ; David, le roi du barbecue ; Christopher, l'acharné des plasmas ; les stagiaires Julien, Maxime et Jérémy... Vous avez tous contribué à égayer ces années de doctorat et je vous en suis reconnaissant.

À Ariane, qui a suivi mes travaux depuis les montagnes enneigées des Alpes, et qui a su *slalomer* parfaitement entre mes fautes d'orthographe, mes phrases trop longues... critiquées « à la hache » et mes incohérences lexicales. Au-delà de vos corrections et de vos contributions langagières je retiendrai au travers de nos nombreux échanges virtuels, votre humour et votre vision clairvoyante et expérimentée de notre petit monde.

À Amélie, toi qui as été présente à mes côtés aussi bien dans les moments euphoriques que les périodes de moral en berne ; toi qui as tout fait pour me maintenir dans les meilleures dispositions ; toi qui as su jongler avec toutes ces incertitudes liées à mes choix professionnels ; toi qui m'as permis de me changer les idées et de recharger mes batteries au travers de nos discussions, nos repas, nos voyages (si difficiles à organiser), nos entraînements sportifs... Merci.

À mon frère et à sa petite famille. À tous mes amis, que je ne citerai pas car la probabilité d'oublier un nom serait trop grande... et sévèrement sanctionnée ! Vous êtes mon équilibre au quotidien, vous avez donc forcément contribué à la réalisation de ce projet de thèse.

Et enfin, un grand et ineffable merci à mes parents, sans qui aujourd'hui je ne serais pas en France, je ne serais pas en doctorat et je ne serais pas... tout simplement !

*Le soleil se divise en passant par les ouvertures de la maison ;  
Quand ces ouvertures sont fermées, la multiplicité disparaît...*

*Mowlânâ (XIII<sup>e</sup> siècle)*

# Résumé

---

Les activités de planification, et plus précisément l'ordonnancement, jouent un rôle majeur dans l'équilibre et l'efficacité des systèmes de travail. L'ordonnancement est considéré comme un problème complexe ; et parmi les facteurs de complexité, l'incertitude représente une dimension centrale. Bien que de nombreux outils automatiques ou d'aide à la décision aient été conçus pour faciliter l'ordonnancement, la place de l'opérateur humain demeure primordiale. Paradoxalement, peu de travaux se sont intéressés à l'activité cognitive de l'ordonnanceur. Cette thèse de doctorat en ergonomie vise à étudier les processus cognitifs mis en œuvre par l'ordonnanceur, avec un intérêt particulier pour les stratégies de gestion de l'incertitude.

Après la proposition d'une typologie des situations d'ordonnancement et d'une méthode d'analyse de l'activité, deux situations d'ordonnancement sous incertitude ont été étudiées : l'organisation des tournées dans le Transport Routier de Marchandises (TRM) et l'ordonnancement dans les Services de Soins Infirmiers à Domicile (SSIAD). Cette approche écologique a permis d'élaborer des modèles permettant de mieux appréhender les aspects humains de l'ordonnancement et de cerner les stratégies de gestion de l'incertitude. Des contributions à la fois théoriques, méthodologiques et pratiques seront issues de cette thèse. La combinaison de ces travaux permet d'enrichir la réflexion quant à l'optimisation de la collaboration Homme-Machine.

**Mots-clés** : ordonnancement, incertitude, activité cognitive, analyse des protocoles.

## Abstract

Planning processes, especially, scheduling play a major role in work systems stability and efficiency. Scheduling is regarded as a complex problem; among complexity factors, uncertainty represent a central dimension. Although numerous automated tools or decision support systems have already been designed to help operators schedule their activities. The part played by said operators remains primordial. Paradoxically, few researches were concerned by the cognitive activity of the scheduler. This PhD thesis in human factors aims at studying those cognitive processes, with a specific interest in uncertainty management strategies.

After exposing a scheduling situations typology and a method for activity analysis, we presented two scheduling situations with high uncertainty factors to study: organization of rounds in Road Freight Transports (RFT) and scheduling in Visiting Nurse Agencies (VNAs). This ecological approach allowed for a better understanding of the human aspects of scheduling and the detection of uncertainty management strategies. This work contributes to widen the debate around the optimisation of Man-Machine collaboration.

**Keywords**: scheduling, uncertainty, cognitive activity, protocol analysis.

# Table des matières

---

<b>Remerciements</b> .....	<b>3</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>6</b>
<b>Table des matières</b> .....	<b>7</b>
<b>Table des illustrations</b> .....	<b>10</b>
<b>Introduction générale</b> .....	<b>13</b>
<b>Questionnement initial et plan</b> .....	<b>17</b>
<b>Chapitre 1 Ordonnancement et incertitude : définition du cadre de l'étude</b> .....	<b>23</b>
1. Cadre conceptuel de l'ordonnancement .....	23
2. Typologie multidimensionnelle des situations d'ordonnancement .....	26
2.1. L'horizon temporel de l'ordonnancement .....	29
2.2. Conditions d'ordonnancement .....	30
2.3. Environnement de l'ordonnancement .....	32
2.4. Règles d'ordonnancement .....	33
2.5. Phases d'ordonnancement .....	35
2.6. Indicateurs de performance .....	36
2.7. Exigences cognitives d'ordonnancement .....	38
2.8. L'incertitude dans l'ordonnancement .....	41
2.8.1. Définition .....	41
2.8.2. La pluralité de l'incertitude .....	42
3. Synthèse théorique .....	44
<b>Chapitre 2 Contribution méthodologique pour une analyse ergonomique des situations d'ordonnancement sous incertitude</b> .....	<b>47</b>
1. Les différentes étapes d'une démarche d'analyse ergonomique .....	50
1.1. Analyse stratégique .....	50
1.2. Recueil des données .....	50
1.3. Le traitement des données .....	51
2. Proposition d'un schème de codage .....	51
2.1. Codage des tâches .....	52
2.2. Codage de l'activité cognitive .....	54
2.3. Codage de la gestion de l'incertitude .....	56
3. Application et interprétation du schème de codage .....	59
3.1. L'avant-codage : phase de préparation .....	59



3.1.1	Sélection des données .....	59
3.1.2	Retranscription des données.....	59
3.1.3	Découpage des données .....	59
3.2.	Le codage : phase d'application .....	60
3.3.	L'après-codage : phase d'interprétation.....	61
4.	Conclusion du chapitre méthodologique.....	62
4.1.	Validité d'application.....	62
4.2.	Validité de reproduction.....	62
<b>Chapitre 3 Analyse exploratoire des processus cognitifs mis en jeu dans l'ordonnancement : le cas du transport routier de marchandises .....</b>		<b>65</b>
1.	Introduction.....	66
2.	Présentation du terrain d'étude .....	70
3.	Dispositif de l'étude .....	73
3.1.	Procédure et matériel .....	73
3.2.	Consignes .....	74
3.3.	Échantillon.....	74
4.	Résultats descriptifs .....	75
4.1.	Répartition des tâches .....	75
4.2.	Environnement humain et matériel de l'exploitant .....	76
4.3.	Composantes et contraintes de l'activité de l'exploitant.....	79
4.4.	Sources d'incertitude dans l'activité de l'exploitant.....	81
5.	Processus cognitifs mis en jeu dans l'activité de l'exploitant.....	84
5.1.	Approche statique des processus cognitifs .....	84
5.2.	Approche dynamique des processus cognitifs.....	86
6.	Discussion et conclusion de l'étude .....	89
<b>Chapitre 4 L'évolution des processus cognitifs selon l'incertitude : le cas de l'ordonnancement dans les services de soins infirmiers à domicile .....</b>		<b>91</b>
1.	Problématique et hypothèses.....	91
2.	Choix du secteur d'activité étudié.....	93
3.	Présentation du terrain d'étude .....	96
4.	Procédure et échantillon des données.....	98
5.	Résultats descriptifs .....	99
5.1.	Répartition des tâches .....	100
5.2.	Environnement humain et matériel de l'infirmier coordinateur .....	100
5.3.	Composantes et contraintes de l'activité de l'infirmier coordinateur .....	101

5.4. Sources et niveau d'incertitude dans l'activité de l'infirmier coordinateur .....	104
6. Les processus cognitifs selon l'incertitude .....	109
6.1. Approche statique.....	109
6.2. Approche dynamique .....	112
7. Discussion et conclusion de l'étude .....	114
<b>Chapitre 5 Stratégies de gestion de l'incertitude dans les cas critiques d'ordonnement.....</b>	<b>119</b>
1. Modèle théorique de gestion de l'incertitude .....	120
2. Détection des cas critiques de gestion de l'incertitude.....	122
3. Stratégies de gestion de l'incertitude .....	123
4. Synthèse des résultats .....	127
5. Conclusion .....	129
<b>Synthèse des résultats : de la comparaison à la modélisation .....</b>	<b>131</b>
1. Cadre descriptif de la démarche de comparaison intersectorielle .....	131
2. Modélisation des processus cognitifs sous-jacents à l'ordonnement.....	133
3. Modélisation des stratégies de gestion de l'incertitude en situations critiques d'ordonnement .....	139
<b>Discussion et conclusion générales.....</b>	<b>143</b>
1. Bilan et perspectives méthodologiques .....	144
2. Bilan et perspectives théoriques.....	147
3. Bilan et perspectives pratiques .....	149
<b>Références.....</b>	<b>155</b>

# Table des illustrations

---

Figure 1. Représentation de l'état de la bibliographie des concepts de « l'activité cognitive », de « l'ordonnancement » et de « l'incertitude ».....	19
Figure 2. Cadre conceptuel du problème d'ordonnancement.....	26
Figure 3. Les concepts et leurs relations en ordonnancement (tiré de Smith et Baker, 1997). ....	43
Figure 4. Schème de codage tridimensionnel.....	52
Figure 5. Classes de prédicats (Hoc & Amalberti, 1999) .....	55
Figure 6. Élaboration d'une échelle d'incertitude personnalisée, à partir d'un questionnaire portant sur les verbes et adverbess modaux.....	58
Figure 7. Exemple de codage complet d'un protocole .....	58
Figure 8. Schématisation du VRP.....	67
Figure 9. Panneaux des affectations, T-BTP.....	72
Figure 10. Planning mural, T-AGRI.....	73
Figure 11. Enregistrement de l'activité de l'exploitant au sein de son poste de travail.....	74
Figure 12. Tableau récapitulatif des trois dimensions du schème de codage.....	75
Figure 13. Répartition des tâches de l'exploitant, basée sur la fréquence des énoncés.....	76
Figure 14. Fréquence des principaux outils utilisés par l'exploitant.....	77
Figure 15. Utilisation des outils selon les différentes tâches.....	77
Figure 16. Analyse des Correspondances Multiples (ACM) entre variables « Tâches » et « Sources ».....	78
Figure 17. Principaux objets de l'activité de l'entreprise M.....	80
Figure 18. Principales variables prises en compte dans l'activité de l'entreprise M.....	81
Figure 19. La répartition des différentes sources d'incertitude au sein de l'entreprise M (T-BTP + T-AGRI).....	82
Figure 20. Les catégories d'activités cognitives et les prédicats qui en découlent (Hoc & Amalberti, 1999).....	84
Figure 21. Répartition des différentes classes d'activité cognitive (prédicats) de l'exploitant.....	85
Figure 22. Répartition des classes d'activité cognitive lors de « l'organisation des tournées à venir ».....	85
Figure 23. Répartition des prédicats lors de « l'organisation des tournées à venir ».....	86
Figure 24. Exemple de séquence d'ordonnancement et de sa modélisation.....	87
Figure 25. Évolution des activités cognitives (classes de prédicats) au cours de séquences de planification.....	88
Figure 26. Enregistrement de l'activité des infirmières coordinatrices (IDEC) au sein de leurs postes de travail.....	99
Figure 27. Principales tâches effectuées par l'infirmier coordinateur au SSIAD T.....	100
Figure 28. Principaux outils utilisés par l'infirmier coordinateur au SSIAD T.....	101
Figure 29. Principaux objets de réflexion de l'infirmier coordinateur au SSIAD T.....	102
Figure 30. Principaux objets de réflexion selon les tâches d'ordonnancement.....	103
Figure 31. Principales variables selon les tâches d'ordonnancement.....	104
Figure 32. Principales sources d'incertitude dans le SSIAD T.....	105
Figure 33. Niveau d'incertitude selon chaque tâche.....	106
Figure 34. Répartition des indicateurs d'incertitude selon chaque tâche.....	107
Figure 35. Répartition des différentes classes d'activité cognitive (prédicats) selon les tâches.....	110

Figure 36. Répartition des différents prédicats selon les tâches. ....	111
Figure 37. Le « cheminement cognitif » selon les tâches d’ordonnancement et le niveau de l’incertitude. ....	113
Figure 38. Heuristique RAWFS (tiré de Lipshitz et Strauss, 1997). ....	121
Figure 39. Chronologie de la gestion de l’incertitude, Situation 1. ....	125
Figure 40. Chronologie de la gestion de l’incertitude, Situation 2. ....	125
Figure 41. Chronologie de la gestion de l’incertitude, Situation 3. ....	126
Figure 42. Chronologie de la gestion de l’incertitude, Situation 4. ....	127
Figure 43. Nouvelle version d’heuristique R.A.W.F.S, intégrant les données issues de l’activité de l’exploitant. ....	129
Figure 44. Répartition des différentes classes d’activité cognitive (prédicats) selon le secteur d’activité. ....	133
Figure 45. Répartition des différents prédicats selon les secteurs. ....	134
Figure 46. « Cheminement cognitif » (classes de prédicats) au cours des séquences d’ordonnancement dans les deux secteurs d’activité. ....	136
Figure 47. Modèle du cheminement cognitif sous-jacent aux activités d’ordonnancement. ....	138
Figure 48. Modèle de la gestion d’incertitude en situations critiques : nouvelle version d’heuristique RAWFS. ....	140
Figure 49. Les différentes contributions apportées au cours de la thèse. ....	144
Figure 50. Modèles théoriques proposés. ....	148
Figure 51. Éléments en faveur de travaux de recherche alliant l’ordonnancement et l’ERP. ....	153
Tableau 1. Exemple de description d’un cas d’ordonnancement. ....	28
Tableau 2. Horizons temporels dans l’ordonnancement. ....	30
Tableau 3. Conditions de l’ordonnancement. ....	31
Tableau 4. L’environnement de l’ordonnancement. ....	33
Tableau 5. Les règles de l’ordonnancement. ....	34
Tableau 6. Phases d’ordonnancement. ....	36
Tableau 7. Les indicateurs de performance dans l’ordonnancement. ....	38
Tableau 8. Exigences cognitives dans l’ordonnancement. ....	40
Tableau 9. Sources et types d’incertitude dans l’ordonnancement. ....	43
Tableau 10. Typologie des situations d’ordonnancement. ....	45
Tableau 11. Exemple de codage d’un énoncé sous le formalisme « prédicat-arguments ». ....	56
Tableau 12. Description de la situation d’ordonnancement dans l’entreprise M. ....	83
Tableau 13. Récapitulatif des hypothèses de l’étude. ....	93
Tableau 14. Description de la situation de planification au SSIAD T. ....	108
Tableau 15. Coefficients de corrélation des activités cognitives entre les deux tâches dans le SSIAD. ....	114
Tableau 16. Récapitulatif des hypothèses de l’étude confrontées aux résultats obtenus. ....	116
Tableau 17. Exemple de détection d’un énoncé traduisant une situation incertaine. ....	123
Tableau 18. Description comparative des situations d’ordonnancement étudiées. ....	132
Tableau 19. Coefficients de corrélation des activités cognitives entre les deux secteurs d’activité. ....	137
Tableau 20. Bilan des avantages de la méthode d’analyse des protocoles. ....	145
Tableau 21. Bilan des limites de la méthode d’analyse des protocoles. ....	146
Tableau 22. Typologie des dimensions communes aux situations d’ordonnancement. ....	149



# Introduction générale

---

Yves Lacoste, géographe français, déclarait en 1976 que « *la géographie, ça sert d'abord à faire la guerre* ». Si nous rapportions cette assertion, aussi incisive que célèbre, à l'Ergonomie, nous dirions alors que « *l'ergonomie, ça sert aussi à faire la paix* ». En effet, l'Ergonomie, que l'on considère traditionnellement comme la « science du travail », repose sur un double-objectif que l'on pourrait qualifier de « rassembleur ». Ces deux objectifs fondamentaux concernent le confort et la santé des opérateurs, d'une part, et l'efficacité de l'organisation, d'autre part (Wisner, 1979 ; Falzon, 2004). C'est une position consensuelle, qui allie les intérêts des deux « pôles » du patronat et du salariat, traditionnellement défendus par leurs syndicats respectifs, dans des conditions souvent conflictuelles.

Pour atteindre ce double objectif, l'ergonome doit comprendre et s'intéresser à l'ensemble des déterminants de la situation de travail, ainsi qu'à leurs relations d'interaction. Dans le cadre de cette approche systémique de prévention et d'amélioration, les activités de **planification et d'ordonnement** apparaissent alors comme un champ d'étude incontournable.

L'activité d'ordonnement est généralement assimilée à un moyen d'organiser l'exécution d'une ou plusieurs tâches dans le temps, par une ou plusieurs ressources désignée(s) (Esquirol & Lopez, 1999). En réalité, nous nous apercevons que l'influence de la planification et de l'ordonnement s'exerce bien au-delà de ce cadre constitué par le triptyque tâche-date-ressource. En effet, en conditions naturelles, les tâches, les ressources et les potentielles dates d'exécution sont multiples. Dès lors, planifier consiste avant tout à faire des choix. *Pourquoi affecter telle tâche plutôt qu'une autre à cette personne ? Pourquoi accorder deux heures, plutôt que trois, pour la réalisation de cette tâche ? A qui affecter cette tâche, particulièrement pénible ? Qui privilégier pour aller au-devant de tel client ? A qui attribuer, en priorité, les congés sur les périodes les plus prisées ?...* En intégrant ces questionnements que l'ordonnanceur doit résoudre au quotidien, nous pouvons concevoir toute la responsabilité que son activité génère. De ses choix dépendent la santé et la sécurité des employés, la rentabilité de l'entreprise, la fidélisation des clients, l'ambiance au travail, etc. Par ailleurs, l'ordonnanceur ne dispose pas d'une totale liberté pour effectuer ses choix. En effet, son activité est elle-même soumise à des contraintes imposées par la direction, par les clients, par la législation ou encore par l'environnement extérieur. En adoptant cette position, l'activité d'ordonnement s'apparente à un véritable « casse-tête ».

Ces éléments soulignent toute la nécessité à soutenir et optimiser les activités d'ordonnancement. Un constat sur lequel se sont basés de nombreux travaux, aboutissant à une multitude d'outils et de systèmes d'aide à la décision (SAD)<sup>1</sup>. Parmi de nombreuses références, nous pouvons citer quelques contributions récentes, comme les travaux de Zhen, Sheng, Xi et Wang (2015) pour assister l'ordonnancement et l'affectation des ambulances dans les urgences ; ceux de Figueira et collaborateurs proposant un SAD pour l'ordonnancement dans l'industrie de la papeterie (2015) ; ou encore les travaux de Dios et collaborateurs (2015) pour concevoir un SAD destiné à l'ordonnancement des opérations chirurgicales au sein des hôpitaux.

Pour autant, ces systèmes informatiques ne connaissent pas à ce jour l'efficacité escomptée. Leur utilisation par les ordonnanceurs n'est pas à la hauteur des investigations scientifiques et technologiques des concepteurs, et encore moins à la hauteur des investissements économiques des entreprises, eu égard au fort coût financiers de ces logiciels (McKay, 2001).

Pour comprendre cette inefficacité relative, il faut replacer l'introduction des systèmes informatisés d'ordonnancement dans leur contexte. En effet, ces solutions ont été conçues dans un premier temps pour parer à l'incapacité (ou à la lenteur) de l'opérateur humain faisant face à la dimension combinatoire des problèmes d'ordonnancement dans l'industrie (Crawford et al., 1999). Cette approche désigne l'opérateur humain comme le « maillon faible » et vise, par conséquent, à automatiser son activité en s'appuyant sur des logiciels intégrant de puissants algorithmes de calcul. Cette approche, visant à automatiser en grande partie l'activité humaine a rapidement affiché ses limites, pour laisser progressivement sa place aux SAD, censés associer les compétences humaines et celles des machines (Hoc, 2004 ; Van Wezel & Cegarra, 2006). Cependant, il faut croire que les théories initiales sont tenaces et continuent à persister dans le temps. En effet, bien que le rôle majeur de l'opérateur humain dans les activités d'ordonnancement soit aujourd'hui démontré à bien des égards, l'importance accordée au « Facteur Humain » demeure toujours marginale, comparée aux investigations algorithmiques et mathématiques (McKay, Safayeni & Buzacott, 1988). Il est donc urgent de s'intéresser davantage à l'activité et aux stratégies d'ordonnancement de l'humain, afin de combler ce manque et de tendre vers des outils d'aide à la prise de décision plus efficaces pour le couple Homme-Machine (McKay & Wiers, 2006).

Cette thèse de doctorat s'inscrit précisément dans cet objectif, puisqu'il vise à construire des connaissances scientifiques concernant les processus cognitifs mis en jeu par l'opérateur pendant l'ordonnancement. De plus, l'importance du rôle de l'opérateur dans la gestion des imprévus et de l'incertitude ayant été fortement soulignée (Nakamura & Salvendy, 1994) – bien que peu étudiée

---

<sup>1</sup> Le sigle généralement employé dans la littérature est « DSS », se référant à *Décision Support System*.

jusqu'à présent -, nous attacherons une attention toute particulière à cette dimension. Nous veillerons alors à ce que l'incertitude soit un facteur fortement considéré dans les situations d'ordonnancement étudiées.

Par ailleurs, Cegarra (2012) apporte une autre explication quant aux limites des SAD majoritairement développés. Il s'agit d'une simplification du processus technique dans la conception des SAD. En effet, un algorithme ne peut être appliqué que si l'ensemble des variables du problème traité (objectifs, contraintes, ressources, etc.) sont bien déterminées au préalable. Or, sur le terrain, la résolution d'un problème d'ordonnancement comprend la prise en compte de nombreux éléments implicites ou instables, et ne peut pas être toujours défini de manière précise. Ce décalage entre un modèle simpliste et une réalité complexe et incertaine conduit souvent le SAD à produire des résultats peu fiables (McKay, Safayeni, & Buzacott, 1988 ; Bertrand & Fransoo, 2002). Ce constat met également en exergue l'importance de ne pas se satisfaire uniquement d'une description objective basée sur la *tâche*, mais de s'efforcer à détecter les éléments les plus implicites, uniquement perceptibles à travers une analyse fine de *l'activité*.

Il s'agit là d'un deuxième objectif général de nos travaux de recherche, à savoir la proposition d'outils et de méthodes d'analyse ergonomique, permettant d'accéder avec finesse à l'ensemble des dimensions d'une situation d'ordonnancement, y compris les contraintes ou les stratégies implicites. Cette approche permettrait de proposer des modèles de processus plus proches de la réalité du terrain. L'intégration de ces modèles dans le processus de conception des SAD permettrait d'améliorer l'efficacité et la fiabilité du système, de favoriser les compétences de l'opérateur humain et d'augmenter sa satisfaction à utiliser l'outil (voir par ex. : Mollard & Wolff, 2014).

Cette introduction récapitule nos principales préoccupations scientifiques, ainsi que les objectifs généraux que nous cherchons à atteindre. Dans la partie suivante, nous détaillerons les questionnements et les problématiques, préciserons l'ensemble des objectifs et apporterons les éléments théoriques permettant de définir les contours et les perspectives de nos travaux de recherche.





# Questionnement initial et plan

---

Comme le titre le laisse entrevoir, le thème de ce travail de recherche s'articule autour de trois concepts clés : l'activité cognitive, l'ordonnancement et l'incertitude. L'analyse de l'activité cognitive est l'objet majeur et l'essence même de ce travail de recherche. Quant au duo « ordonnancement » et « incertitude », il forme le champ d'étude, le contexte spécifique dans lequel l'évolution de l'activité cognitive attise notre curiosité.

S'intéresser aux mécanismes mentaux dans le cadre d'activités professionnelles n'a rien d'innovant, et pour cause. Cela représente l'objet d'étude de toute une discipline dans laquelle ce travail s'inscrit : l'ergonomie cognitive. De même, le champ d'ordonnancement en environnement incertain comporte une grande quantité de travaux, dont une majorité écrasante émane des sciences dites « dures ». Parmi ces nombreuses références, citons quelques travaux récents comme ceux de Mun et al. (2015) sur l'ordonnancement des systèmes d'irrigation en agriculture ; ceux de Lu, Cui et Han (2015) dans l'ordonnancement de la maintenance de machines avec des pannes fréquentes et aléatoires ; ou encore les recherches de Konur et Golias (2013) portant sur l'ordonnancement des flux logistiques. À un niveau plus général, nous pouvons citer les revues de littérature de Pistikopoulos (1995) sur la classification des problèmes d'incertitude en ordonnancement, ou celle de Li et Lerapetritou (2008) sur les principales méthodes d'ordonnancement sous incertitude.

En revanche, en adoptant une approche ergonomique, s'intéressant au comportement cognitif de l'Homme dans les situations professionnelles d'ordonnancement, les références se font beaucoup plus rares. En effet, la quasi-totalité des travaux issus des sciences de l'ingénierie ne traite pas les aspects cognitifs de l'ordonnancement. Ce qui nous amène d'ailleurs à nous interroger, en marge de notre propos, sur le manque de collaboration interdisciplinaire entre les sciences humaines et les sciences exactes, concernant l'étude de l'ordonnancement. « Manque » ne signifiant pas « absence », il convient de citer quelques auteurs comme Higgins (2001), Pinot (2008), ou Gacias, Cegarra et Lopez (2012), qui ont contribué à optimiser la collaboration Homme-Machine en ordonnancement à travers des études pluridisciplinaires. Cependant, les principaux travaux sur les mécanismes mentaux sous-jacents à l'ordonnancement sont à mettre à l'actif de chercheurs issus de l'ergonomie cognitive. Citons la revue princeps de Sanderson (1989) sur les caractéristiques des situations d'ordonnancement du point de vue de l'humain. Par la suite, Crawford et Wiers (2001), au même titre que Hoc, Mebarki et Cegarra (2004), ont également scruté le problème de l'ordonnancement sous un angle cognitif. Ces derniers constatent d'ailleurs « *que les avancées en matière d'étude des facteurs humains dans les activités d'ordonnancement*

*restent ténues en regard des enjeux auxquels elles devraient répondre* » (p. 68). Un constat que Fransoo, Wäfler et Wilson (2010) ont tenté d'atténuer, en réunissant des travaux sur la performance humaine dans les activités de planification et d'ordonnancement au sein d'un même ouvrage, qui s'intitule *Behavioral operations in planning and scheduling*.

Enfin, si l'on s'intéresse plus précisément à la « gestion de l'incertitude » et l'analyse cognitive des situations d'ordonnancement, la bibliographie apparaît singulièrement restreinte. En effet, si certains auteurs ont étudié finement les mécanismes cognitifs mis en jeu pendant l'ordonnancement (à travers des démarches empiriques similaires à la nôtre), l'intérêt de ces recherches était focalisé sur une dimension cognitive autre que l'incertitude. Il s'agissait par exemple, de l'expertise (Cegarra, 2004 ; Guérin, 2012), ou de la complexité (Cegarra, 2012). Étrange paradoxe entre une reconnaissance unanime du caractère prépondérant de l'incertitude dans les situations de travail et la pénurie de recherches traitant sa dimension psychologique. Cependant, ce constat n'est pas dénué d'espoir, comme le soulignaient Van de Leemput et Salengros (2007) dans un numéro spécial de la revue *Travail Humain*, dédié à l'étude de l'incertitude. En effet, les études psychologiques de la gestion de l'incertitude se sont multipliées lors des deux dernières décennies (exemples : Lipshitz et Strauss, 1999 ; Osman, 2010 ; Grote, 2004 ; 2014). Cependant, ces travaux s'inscrivent dans un cadre beaucoup plus général de prise de décision et de résolution de problème et n'abordent pas spécifiquement le cas de l'ordonnancement. Nous constatons également que ces travaux se fondent sur une approche macroscopique et ne traitent pas en finesse les mécanismes cognitifs mis en jeu en condition naturelle.

L'analyse de l'existant bibliographique que nous venons de présenter (schématisé à travers la figure 1) souligne un manque considérable de recul sur l'activité cognitive mise en œuvre dans le cas de l'ordonnancement sous incertitude. Ce constat a déjà été effectué par d'autres auteurs dans le passé, et il demeure par conséquent valable aujourd'hui.

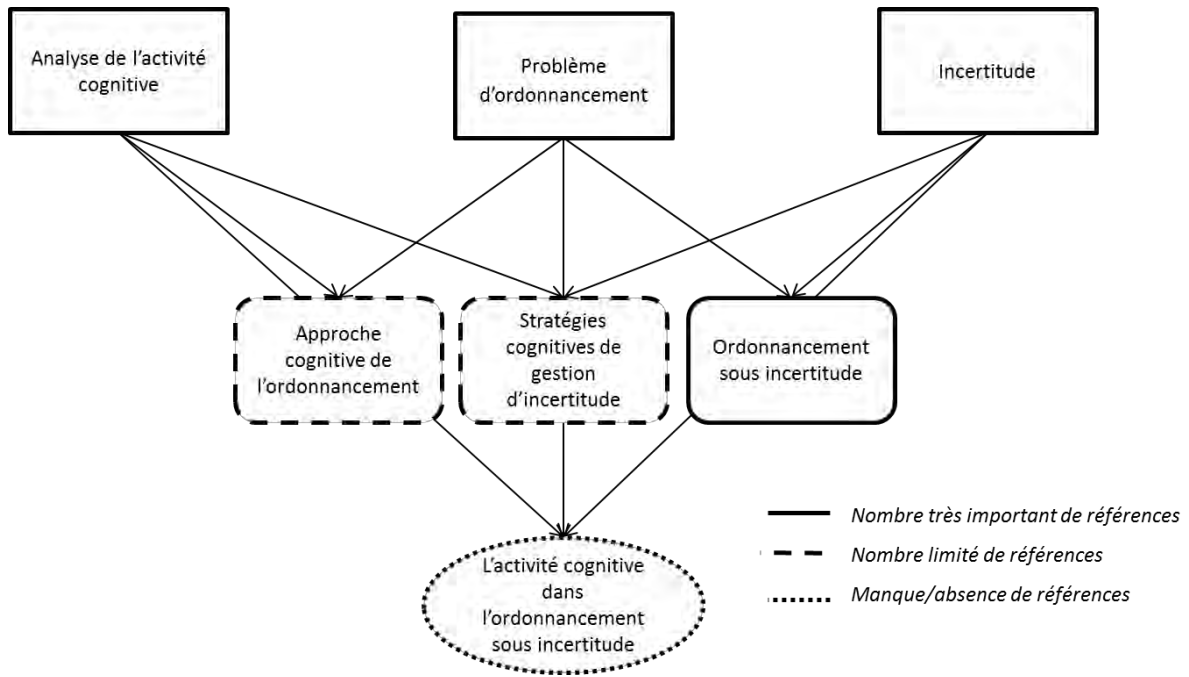


Figure 1. Représentation de l'état de la bibliographie des concepts de « l'activité cognitive », de « l'ordonnancement » et de « l'incertitude ».

Ainsi, alors que les problématiques d'un travail de recherche émanent traditionnellement d'une confrontation scientifique autour d'une thématique déterminée, ici les questions de recherche reposent sur ce que l'on pourrait qualifier de « carence théorique ». La recherche de réponses à ces questions revient alors à combler une certaine vacuité scientifique. C'est un enjeu particulièrement stimulant, qui nous oblige également à mesurer toute la rigueur et l'humilité nécessaires pour y parvenir.

À travers cette argumentation, nous venons de mettre en exergue les enjeux de la présente thèse et ses contributions potentielles. L'objectif étant fixé, il convient de présenter la structuration de ce travail.

Pour ce faire, les questions de recherche seront présentées conjointement avec le plan. Une présentation qui se justifie par la résolution d'une problématique scientifique bien identifiée au cours de chaque chapitre.

Il s'agit tout d'abord d'apporter une définition précise aux concepts généraux de ce travail de thèse, à savoir l'ordonnancement et l'incertitude. Ces définitions seront apportées au **Chapitre 1**. Identifier les mécanismes mentaux mis en œuvre dans les situations d'ordonnancement sous incertitude peut paraître attrayant. Cependant, l'intérêt est d'autant plus grand lorsque ces mécanismes sont comparés d'une situation à une autre. La mise en place d'une telle démarche comparative passe indéniablement par la définition d'un cadre de comparaison inter-

situationnelle. La conception de ce cadre d'étude se trouvera donc également au cœur du premier chapitre.

Après avoir défini le cadre et le socle de notre démarche de recherche, un défi majeur se dresse comme obstacle face à nous : **comment analyser finement les mécanismes cognitifs dans le cadre d'une démarche empirique ?** En proposant une méthodologie ergonomique basée sur un schème de codage, le **Chapitre 2** aura pour objectif de relever ce défi méthodologique.

En définissant le cadre d'intervention et l'outil méthodologique d'analyse, il devient possible d'aborder la question de recherche de départ et d'initier l'approche empirique. La première question consiste à se demander : **Quels sont les processus cognitifs sous-jacents à l'activité d'ordonnancement, en environnement incertain ?** Résoudre cette problématique revient à mettre en place une démarche exploratoire, permettant de se construire une première représentation des mécanismes mentaux soutenant l'activité d'ordonnancement. Cette étude sera déployée dans le secteur du Transport Routier de Marchandises (TRM), au cours du **chapitre 3**.

Dans un deuxième temps, la question initiale peut être affinée, et nous pouvons nous demander : **Comment les processus cognitifs sous-jacents à l'ordonnancement évoluent-ils selon le niveau et la nature de l'incertitude ?** Répondre à cette question nécessite la mise en place d'une démarche d'analyse empirique, en ciblant une situation d'ordonnancement présentant une variabilité autour de l'incertitude. Les éléments de réponse à cette question seront apportés dans le **chapitre 4**. Celui-ci exposera la deuxième étude empirique, réalisée dans le secteur du Service des Soins Infirmiers à Domicile (SSIAD).

Dans les chapitres 3 et 4, l'analyse porte sur l'activité cognitive déployée dans une situation d'ordonnancement dite « normale ». Dans ce contexte classique, l'incertitude est une variable parmi d'autres et elle est gérée de manière constante. Dans d'autres circonstances, l'incertitude devient la préoccupation première de l'ordonnanceur, puisqu'elle bloque son action. Nous qualifierons ces situations de cas « critiques ». Afin de compléter notre analyse cognitive des situations d'ordonnancement incertaines, nous consacrerons le **chapitre 5 à l'étude des stratégies de gestion de l'incertitude en situation critique**. Il s'agira là d'une démarche plus qualitative, sous forme d'étude de cas.

Une fois que les mécanismes cognitifs seront mieux appréhendés, c'est la question de la généralisation qui émergera naturellement. **Les processus cognitifs mis en jeu seraient communs, ou spécifiques à chaque situation d'ordonnancement ?** Cette question sera traitée dans le cadre d'une **synthèse comparative**, confrontant l'ensemble des résultats obtenus. La conception de modèle d'activité sera alors envisagée.

Enfin, la **conclusion générale** dressera un bilan des différentes contributions, en évoquant également de potentielles perspectives de recherche, qu'elles soient d'ordre théorique, pratique ou méthodologique.



# Chapitre 1

## Ordonnancement et incertitude : définition du cadre de l'étude

---

Le présent chapitre vise à caractériser les concepts clés de nos travaux de recherche, à savoir l'ordonnancement et l'incertitude. Pour ce faire, nous allons tout d'abord définir le problème de l'ordonnancement et son application concrète dans les situations de travail. Cette approche sera ensuite approfondie par une revue de la littérature, afin de décrire avec plus de précision les différentes dimensions qui composent une situation d'ordonnancement. Parmi ces dimensions, une attention particulière et un développement théorique plus important seront accordés à l'incertitude, qui détient une place centrale dans nos préoccupations scientifiques. L'ensemble des dimensions sera ordonné sous forme de rubriques, constituant une typologie des situations d'ordonnancement. Cette démarche s'explique par la volonté de construire un cadre de présentation et de comparaison commun à l'ensemble des situations d'ordonnancement analysées.

### 1. Cadre conceptuel de l'ordonnancement

Avant d'aborder les aspects théoriques et les définitions scientifiques de l'ordonnancement, nous allons présenter un exemple de situation de travail, afin de mieux se représenter les différentes tâches de l'ordonnanceur.

Imaginons l'entreprise X, spécialisée dans la fabrication de drapeaux, et M. Igrèque, responsable d'ordonnancement au sein de cette structure. Tout commence par la réception, par le service des ventes, d'une commande de 1000 drapeaux tricolores. Cette commande est transmise le matin à M. Igrèque. Dès lors, celui-ci est en charge de programmer la production des drapeaux, en ayant pour objectif la réduction des délais de fabrication et des coûts, ainsi que l'optimisation de l'utilisation des ressources. Pour ce faire, M. Igrèque va consulter l'état d'affectation des ressources, le stock de matière première (tissus) et établir éventuellement une commande de réapprovisionnement auprès du service d'achat. En tenant compte de la disponibilité des ressources matérielles et humaines, des spécificités du produit commandé et de son niveau de priorité, M. Igrèque va planifier la production des 1000 drapeaux. Disposant de bonnes connaissances techniques et ayant parfaitement conscience du caractère instable de l'atelier, M. Igrèque aime anticiper et prévoir une marge de sécurité. Une fois le planning de production établi,



celui-ci est transmis sous forme d'Ordre de Fabrication (OF) à l'atelier de production. Pour autant, la mission de M. Igrèque ne s'achève pas à cet instant. En effet, il va continuer à suivre le processus de fabrication, afin d'intervenir en cas de besoin et de modifier l'OF initial. Finalement, la mission de M. Igrèque est accomplie une fois que le client a réceptionné la marchandise.

L'exemple précédent illustre une situation concrète d'ordonnancement. Il est important de distinguer « situation d'ordonnancement » et « problème d'ordonnancement ». En effet, la situation représente l'interaction entre la tâche et l'opérateur, tandis que le problème fait référence à la dimension combinatoire de l'ordonnancement. À travers les paragraphes suivants, nous allons définir le problème de l'ordonnancement, aussi bien du point de vue de l'entreprise que de celui de l'ordonnanceur.

Si l'on se situe au niveau de l'entreprise, l'ordonnancement peut être défini comme un problème auquel Esquirol et Lopez (1999, p. 13) attribuent la définition suivante : « organiser dans le temps la réalisation de tâches, en tenant compte des contraintes temporelles, contraintes d'utilisation et de disponibilité des ressources ». Cette définition se fonde sur trois notions clés : la tâche, les contraintes et les ressources.

Une tâche<sup>2</sup> correspond à une entité de travail qui doit être réalisée pendant une durée, délimitée entre une date de début et une date de fin. La tâche se définit également par un but à atteindre. Pour pouvoir réaliser la tâche, l'opérateur humain ou artificiel a besoin de ressources. Celles-ci correspondent aux moyens techniques et humains qui sont mis à sa disposition. Enfin, les contraintes sont décrites comme des restrictions sur certaines valeurs ; elles peuvent porter sur la tâche (durée, délai, précedence, etc.) ou sur les ressources mises en œuvre (disponibilité, capacité, etc.).

À présent, si nous nous plaçons au niveau de l'ordonnanceur, nous pouvons décrire l'ordonnancement comme une situation de résolution de problème. En effet, un problème comporte un état initial, un état objectif final et des obstacles (Newell & Simon, 1972 ; Mayer, 1977). Dans le cas de l'ordonnancement, l'état initial correspond à l'ensemble des données sur la demande, les ressources ou encore l'environnement qui se présentent à l'ordonnanceur de manière désordonnée. L'état objectif est d'atteindre un ordonnancement élaboré, permettant de planifier la réalisation des tâches tout en optimisant l'organisation temporelle et l'exploitation des ressources humaines et matérielles. Enfin, les obstacles font référence à l'ensemble des contraintes citées précédemment, que l'opérateur doit satisfaire ou relâcher pour accéder à l'état

---

<sup>2</sup> Il s'agit là d'une définition orientée Recherche Opérationnelle. En ergonomie, la notion de tâche fait référence à l'ensemble des prescriptions définies, à ce « qui est à faire », en opposition avec l'activité qui correspond à ce « qui est réellement fait ».

objectif (Chevalier & Cegarra, 2008). Cette gestion des contraintes, qu'elles soient explicites ou implicites, est l'essence même de l'activité de l'ordonnancement et de sa complexité (McKay, 2001 ; Guérin, 2012). Parmi les divers types de résolution de problèmes répertoriés (Greeno, 1978 ; Hoc, 1987), l'ordonnancement s'apparente aux problèmes de conception (Thomas & Carroll, 1979 ; Hoc, Guérin & Mebarki, 2014). Ces problèmes de conception définissent les situations dans lesquelles le sujet est amené à concevoir un produit – en l'occurrence, un ordonnancement – en fonction d'objectifs et de contraintes plus ou moins bien définis. Parmi les caractéristiques des situations de conception trouvées dans la littérature, deux points sont indispensables à rappeler.

Tout d'abord, les problèmes de conception se distinguent par leur niveau élevé de complexité. Une complexité qui se manifeste aussi bien sur le plan structural (mathématique) que sur le plan situationnel (exigence cognitive). La complexité structurale s'explique par la caractéristique combinatoire du problème d'ordonnancement, qui se traduit par une explosion exponentielle des solutions possibles en fonction du nombre de contraintes et de ressources. Cependant, cette complexité ne se résume pas au plan mathématique. En effet, elle se révèle également sur le plan situationnel, avec de fortes exigences cognitives pour l'opérateur. Cegarra (2008) expose l'incertitude liée aux informations et à l'instabilité du processus, la pression temporelle, les différents cycles temporels, la continuité du processus ou encore la multiplicité et la contradiction entre les objectifs, comme autant de facteurs de complexité qui se dressent face à l'ordonnanceur.

La seconde particularité notable des problèmes de conception unanimement remarquée dans la littérature, concerne leur résolution. En effet, à l'inverse de nombreux autres cas de résolution de problèmes, un problème de conception ne présente pas une seule solution « correcte », mais des solutions « acceptables » (Wisser, 2009). Le choix effectué entre plusieurs solutions satisfaisantes repose souvent sur des aspects subjectifs, sur le ressenti et sur les expériences antérieures. Cette spécificité illustre parfaitement l'importance du rôle de l'opérateur humain dans les situations de conception, et en particulier celle de l'ordonnancement.

Le problème d'ordonnancement, tel qu'il vient d'être défini, repose sur un cadre théorique et conceptuel à trois niveaux (Figure 2). Il s'agit d'une situation particulière des problèmes de conception, eux-mêmes représentant une catégorie des cas de résolution de problème au sens plus général.

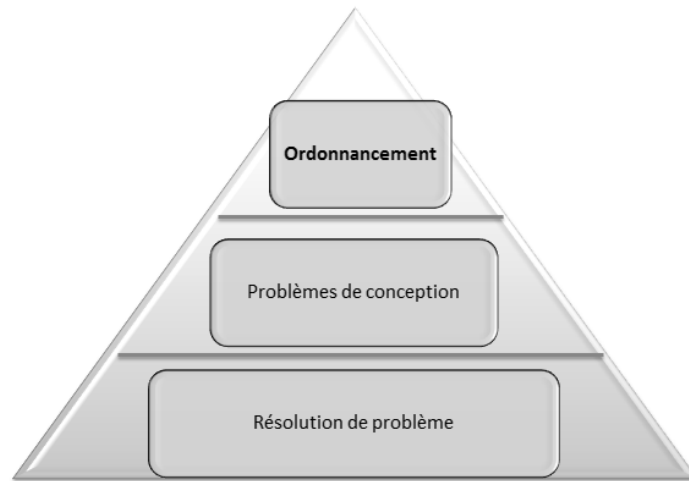


Figure 2. Cadre conceptuel du problème d'ordonnancement.

Nous venons de décrire brièvement les premiers niveaux de cette relation pyramidale. À présent, il convient de centrer la suite de notre développement théorique plus spécifiquement sur le concept du niveau supérieur, à savoir l'ordonnancement. Plus précisément, en se fondant sur l'existant théorique, il s'agit de déterminer les principales dimensions communes aux situations d'ordonnancement, sous la forme d'une typologie. La proposition d'une typologie est motivée par des objectifs multiples. En s'inscrivant dans ce chapitre théorique, cette typologie représente tout d'abord un moyen d'approfondir les situations d'ordonnancement à travers les caractéristiques qui les composent. Cette typologie peut aussi être utilisée comme un outil, une grille de description des différents cas d'ordonnancement ; une grille qui pourrait servir aux ergonomes du terrain, comme un outil de lecture d'une situation d'ordonnancement et facilitant son analyse future. Utilisée par le chercheur, cette typologie pourra également être perçue comme un moyen de détecter les similitudes et les spécificités entre différents cas d'ordonnancement. Un cadre d'analyse qui permet ainsi la mise en œuvre de démarches comparatives.

## **2. Typologie multidimensionnelle des situations d'ordonnancement**

Les typologies de l'ordonnancement ne sont pas rares dans la littérature. Toutefois, les objectifs propres de ces travaux en conditionnent les classifications. Les typologies existantes sont souvent spécifiques à un domaine d'application, comme celle concernant l'ordonnancement sur les plateformes portuaires (Boysen, Fliender & Scholl, 2010). D'autres études exposent des taxinomies sur l'ordonnancement, avec une démarche plus transversale ; cependant, ces dernières se focalisent souvent sur une seule dimension, par exemple celle de la résolution algorithmique des problèmes d'ordonnancement. Parmi de nombreux travaux, notamment issus de la Recherche

Opérationnelle, les travaux de Yenisey et Yagmahan (2014) illustrent bien cette focalisation sur l'unique dimension mathématique de résolution. Partant de ce constat, Lodree, Geiger et Jiang (2009) ont proposé une taxinomie en intégrant notamment les facteurs humains dans les tâches d'ordonnancement.

Notre travail a pour visée l'élaboration d'une typologie des critères de l'ordonnancement fondée sur des éléments généralisables, nous permettant de caractériser et de comparer les mécanismes mis en jeu dans l'ordonnancement parmi différents secteurs d'activité. Cette démarche se rapproche notamment des travaux de Liu et MacCarthy (1996), qui ont proposé un schème de classification pour les situations d'ordonnancement dans les ateliers flexibles. Le schème conçu repose sur 5 catégories d'indicateurs, comportant chacune une série de modalités. Ces catégories peuvent être synthétisées ainsi :

- **Configuration d'ordonnancement** : il s'agit du type d'atelier, avec le type d'ordonnancement qui lui correspond. Exemple : atelier à machine unique, atelier à machines multiples, etc.
- **La contrainte de capacité** : ce sont des indicateurs qui traduisent le niveau de contrainte lié à la capacité des ressources. Avec pour chaque ressource, trois modalités : capacité zéro, capacité limitée et capacité illimitée.
- **Caractéristiques du processus** : cela concerne le degré de complexité, qui est défini par le nombre nécessaire d'opérations à chaque ordre de fabrication (OF) ; et le degré de flexibilité caractérisé par le nombre de machines pouvant réaliser la même opération. Les modalités possibles pour cette catégorie sont par exemple « une seule opération pour chaque OF », « plusieurs opérations pour l'ensemble des OF », « une seule machine pour chaque opération », ou encore « plusieurs machines pour l'ensemble des opérations ».
- **Stratégies de production** : cette catégorie correspond aux décisions stratégiques supérieures qui affectent l'ordonnancement opérationnel. Il s'agit par exemple, des choix des règles de priorité.
- **Objectifs d'ordonnancement** : cette dernière dimension correspond aux objectifs généraux du système d'ordonnancement de la production. Les objectifs peuvent se traduire sous la forme du taux d'exploitation des ressources, de la durée du processus ou du contrôle des *fenêtres* temporelles.

En se basant sur ces critères, il devient possible de schématiser un grand nombre de situations d'ordonnancement d'ateliers. À titre d'illustration, les auteurs ont schématisé une situation d'ordonnancement d'atelier flexible décrite par Lee et Iwata (1991). Cette description est présentée à travers le tableau 1.

Tableau 1. Exemple de description d'un cas d'ordonnancement.

Configuration d'ordonnancement	- Flexible manufacturing cell (FMS). Il s'agit d'un système composé de machines, d'un robot et d'une « <i>cell computer</i> » (une carte informatisée qui gère le flux et les différentes étapes du process)
La contrainte de capacité	- Machines : nombre limité - Stocks : illimités - Palettes : nombre limité - Dispositif automatisé de manipulation : illimité
Caractéristiques du processus	- Plusieurs opérations pour un OF - Une machine pour chaque opération
Stratégies de production	- Processus périodique (discontinu) - Ordonnancement interdépendant pour les différentes pièces
Objectifs d'ordonnancement	- Exploitation maximale des ressources (réduction du temps du processus)

Notre objectif réside dans la mise en œuvre d'une démarche similaire à celle de Liu et MacCarthy (op. cit.). De plus, alors que le schème de classification de ces derniers se focalise sur le contexte d'ordonnancement d'ateliers flexibles, notre intérêt se porte sur une typologie plus générique, adaptable et applicable à des contextes d'ordonnancement tout à fait différents, tels que l'ordonnancement de tournées ou encore, des emplois du temps. D'autre part, nous estimons que les dimensions prises en compte peuvent être élargies à d'autres types de critères pouvant être intégrés dans la typologie. Par exemple, la dimension cognitive n'apparaît pas dans la catégorisation de Liu et MacCarthy, alors que celle-ci semble indissociable de l'activité d'ordonnancement. À l'inverse, cette dimension a été placée au cœur des travaux de Cegarra (2008) qui en se basant sur de nombreuses références en psychologie cognitive (Hoc, 1993 ; Van der Schaaf, 1993 ; Amalberti, 1996 ; Cellier, 1996), a proposé une typologie spécifiquement dédiée aux aspects cognitifs des situations d'ordonnancement.

La typologie présentée ci-après vise à regrouper l'ensemble des dimensions qui définissent l'ordonnancement au niveau situationnel, en y intégrant également les répercussions cognitives au niveau de l'opérateur. À travers une analyse bibliographique pluridisciplinaire nous avons répertorié huit catégories, composée chacune d'un ensemble de critères conditionnant l'activité d'ordonnancement :

- Horizon temporel de l'ordonnancement
- Conditions d'ordonnancement
- Environnement de l'ordonnancement
- Règles d'ordonnancement
- Phases d'ordonnancement

- Indicateurs de performance
- Exigences cognitives dans l'ordonnancement
- L'incertitude dans l'ordonnancement

Ces dimensions vont être explicitées et illustrées à l'aide d'exemples concrets issus de situations réelles d'ordonnancement. Cette présentation se fera sous forme de tableau, avec en colonne de gauche, les sous-catégories de chaque dimension ; et en colonne de droite, les définitions et illustrations.

### **2.1. L'horizon temporel de l'ordonnancement**

Les missions d'un ordonnanceur peuvent s'inscrire dans différents niveaux temporels. Anthony (1965) et plus récemment Crainic et Laporte (1997), ont défini 3 niveaux distincts : stratégique, tactique et opérationnel. Le niveau stratégique fait référence à l'horizon temporel (HT) le plus éloigné, avec un positionnement orienté sur le long terme comme la politique tarifaire, le choix du marché ciblé, l'acquisition de ressources, etc. Le niveau tactique correspond à un horizon temporel moyen. L'objectif est ici d'optimiser de manière générale l'utilisation des ressources, tout en anticipant l'évolution des commandes futures. Enfin, le niveau opérationnel se traduit par une gestion à court terme, voire en temps réel. Il s'agit d'opérations concrètes et immédiates, telles que la construction de plans, l'affectation des ressources ou la gestion des opérations de maintenance.

Chaque niveau peut solliciter des opérateurs différents. Selon Cegarra (2004), le planificateur intervient plutôt à long terme, sur les choix stratégiques. L'ordonnanceur intervient à moyen et court terme en élaborant ou en réajustant les plans. Enfin, le répartiteur et le régulateur interviennent à court terme, en assurant les tâches les plus opérationnelles. Cependant, on constate fréquemment que l'ensemble de ces fonctions peut être assuré par un même opérateur, surtout dans les structures de petite taille.

Enfin, il existe également des différences d'horizon temporel à l'intérieur d'un même niveau. Par exemple, le niveau opérationnel peut comprendre une planification à J+7 dans un organisme, alors que dans d'autres structures la planification opérationnelle se fera le jour J.

Le tableau 2 synthétise les différents horizons temporels dans l'ordonnancement.

Tableau 2. Horizons temporels dans l'ordonnancement.

<b>Horizon temporel</b>	<b>Définitions et illustrations opérationnelles</b>
<b>Niveau stratégique</b> (HT long)	Choix des prestations, dates, études de faisabilité, etc. Pour une entreprise de transport, il s'agira par exemple de se positionner plutôt sur le marché du BTP que sur celui du transport alimentaire, et de s'équiper de ressources en adéquation avec son positionnement.
<b>Niveau tactique</b> (HT moyen)	Utilisation plus efficace des ressources, et notamment après une modification des contraintes. Par exemple, dans l'ordonnancement du TRM, la mise en place de l'écotaxe <sup>3</sup> va exiger un choix de niveau tactique concernant les trajets empruntés : continuer à privilégier les trajets les plus rapides (autoroutes) en payant une taxe supplémentaire ; ou opter pour des itinéraires non taxés (routes nationales), au risque d'augmenter considérablement les temps de trajets.
<b>Niveau opérationnel</b> (HT court)	Niveau le plus étudié, car c'est aussi le niveau le plus observable au quotidien. Il peut s'agir de l'affectation d'une équipe de pompiers à un lieu d'intervention ou le choix de l'ordre des visites par un infirmier.
<b>Échéances opérationnelles :</b>	Il s'agit de quantifier de façon plus précise l'horizon temporel dans l'ordonnancement opérationnel. La construction des tournées par l'infirmier peut se réaliser à J+1 ou J+2, d'une semaine à l'autre dans une industrie (J+7), ou bien en temps réel comme dans l'affectation d'une équipe de pompiers. La détection des échéances opérationnelles est indispensable, puisqu'elle se traduit directement par des conséquences diverses sur le plan mental (pression temporelle).

## 2.2. Conditions d'ordonnancement

Pour réaliser un ordonnancement, l'ordonnanceur devra prendre en compte un certain nombre de contraintes. L'ensemble de ces contraintes contribue à construire un cadre général à respecter, que nous appellerons les « conditions d'ordonnancement ». Selon le domaine ou la situation, ces contraintes peuvent varier. Il est donc impossible de dresser une liste exhaustive de l'ensemble des contraintes, recouvrant aussi bien l'ordonnancement de véhicules que l'ordonnancement industriel ou de personnel. Cependant, les fondements de l'ordonnancement étant indépendants du secteur d'activité, nous pouvons regrouper ces contraintes autour de trois catégories transversales : les contraintes de ressources, les contraintes temporelles et les contraintes externes ou environnementales. De plus, ces contraintes peuvent être de deux types : strictes, ou relâchables (Letouzy, 2001). Les contraintes strictes sont des exigences à respecter obligatoirement, alors que les contraintes relâchables peuvent, dans certains cas, ne pas être satisfaites. A ces contraintes s'ajoutent d'autres éléments qui dépendent du type d'ordonnancement et qui en conditionnent la réalisation. Le type de tournée ou le type de client

<sup>3</sup> Taxe concernant les dommages environnementaux, avec une entrée en vigueur prévue initialement le 1<sup>er</sup> janvier 2014, mais qui reste en suspens à ce jour.

(réguliers, versus occasionnels) sont par exemple des critères à intégrer dans cette catégorie des conditions d'ordonnancement. L'ensemble de ces éléments est présenté et illustré à travers le Tableau 3.

Tableau 3. Conditions de l'ordonnancement.

<b>Conditions d'ordonnancement</b>	<b>Définitions et illustrations opérationnelles</b>
<b>Contraintes de ressources</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contraintes de ressources matérielles               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contraintes de capacité</li> <li>- Contraintes d'utilisation</li> </ul> </li> </ul>	<p>Dans l'ordonnancement des véhicules, la contrainte de capacité est très souvent présente. Celle-ci se réfère à l'ensemble des travaux sur la problématique CVRP (Capacitated Vehicle Routing Problem) (Toth &amp; Vigo, 2002). Cette limite peut se traduire sous forme de volume ou de poids. De plus, les ressources peuvent être disjonctives (une tâche à la fois) ou cumulatives (plusieurs tâches à la fois). Une citerne ne peut être que disjonctive, alors qu'une semi-remorque peut être cumulative.</p> <p>Les contraintes d'utilisation des ressources peuvent être diverses. Il peut s'agir par exemple d'une limite d'exploitation minimum à ne pas dépasser pour une machine. Éviter un retour à vide est un autre exemple qui montre la présence de ce type de contrainte dans le domaine du transport routier de marchandises.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contraintes de ressources humaines</li> </ul>	<p>Dans de nombreuses situations, l'ordonnanceur doit gérer les ressources matérielles en parallèle avec les ressources humaines. L'humain par exemple, est indispensable à l'utilisation d'une ressource telle qu'un véhicule. De ce fait, des éléments comme le respect des horaires de travail doivent être pris en compte. Par ailleurs dans de nombreuses situations, le planificateur gère des contraintes humaines de façon implicite. Pour ce faire, il se base sur sa connaissance des personnels afin d'affecter le profil humain qui correspond le mieux à une mission (exemple : affecter l'opérateur le plus « débrouillard » sur une tâche inhabituelle, avec beaucoup d'incertitude).</p>
<b>Contraintes temporelles</b>	<p>On retrouve les contraintes temporelles dans la quasi-totalité des situations d'ordonnancement. Ces contraintes correspondent principalement aux délais de fabrication, de livraison, de visite, etc. Ces contraintes peuvent peser également sur l'exécution relative à plusieurs tâches successives, avec des périodes de battement à respecter. Par ailleurs, tout comme les contraintes de ressources, les contraintes temporelles peuvent être strictes ou relâchables. Pour un infirmier, le respect d'une fenêtre temporelle matinale restreinte pour une prise de sang à jeun sera beaucoup plus strict que pour un changement de pansement hebdomadaire. De nombreux travaux ont été spécifiquement dédiés aux contraintes temporelles. La riche littérature portant sur le VRPTW (<i>Vehicle Routing Problem with Time Windows</i>) dans l'ordonnancement des véhicules, en est un parfait exemple (ex. : Yu, Yang &amp; Yao, 2010).</p>



<b>Contraintes environnementales</b>	Les contraintes environnementales sont des contraintes externes au système, qui imposent à l'ordonnanceur la prise en considération d'un certain nombre d'éléments supplémentaires. Évidemment, celles-ci dépendent directement du domaine et du contexte de l'activité. Les différentes réglementations – comme le Code de la Route – contraignent par exemple la vitesse de l'exécution d'un plan (tournée) par les limitations de vitesse.
<b>Spécificités de l'ordonnancement</b>	Au-delà des contraintes généralisables évoquées, chaque situation d'ordonnancement comporte des particularités qui définissent tout autant que les contraintes, les conditions d'ordonnancement. Puisqu'il est impossible de dresser une liste exhaustive de ces éléments, cette sous-catégorie permet de représenter ces spécificités. Il peut s'agir par exemple de répercussions sur le système d'ordonnancement de l'entreprise dues à une organisation de travail atypique ou à un type de clients particulier (habituel ou non, niveau d'exigence, etc.).

### 2.3. Environnement de l'ordonnancement

L'activité d'ordonnancement ne peut pas être analysée indépendamment de son contexte et de son environnement. Dans cette partie, il convient de préciser que l'environnement étudié est celui de l'opérateur, différent de celui de l'activité (contraintes environnementales) définie précédemment.

L'ordonnancement peut s'effectuer de manière totalement individuelle par un opérateur isolé, tout comme il peut être réalisé de manière collective, par des ordonnanceurs regroupés en service et interagissant en continu dans un espace commun. Entre ces deux types de fonctionnement extrêmes, il existe un continuum dans lequel chaque situation d'ordonnancement peut se situer en fonction du type d'ordonnancement, du nombre d'acteurs, de leur proximité géographique et du type de collaboration. Ce dernier point a fait l'objet de nombreuses études, dont celle de la revue de Bedwell et al. (2012) qui distingue trois catégories d'activités collaboratives : le travail d'équipe, la coordination et la coopération. Bien que ces termes soient fréquemment employés en tant que synonymes interchangeable, ils traduisent, en fait, des concepts différents. Le Tableau 4 présente les caractéristiques spécifiques des trois catégories citées.

L'activité d'un ordonnanceur ne se réalise pas uniquement en interaction avec un environnement humain. Les différents outils et moyens matériels forment également son environnement de travail. Ainsi, l'analyse fine des situations d'ordonnancement doit également prendre en compte la présence des outils et du degré d'automatisation du processus d'ordonnancement.

Tableau 4. L'environnement de l'ordonnancement.

<b>Environnement de l'ordonnancement</b>	<b>Définitions et illustrations opérationnelles</b>
<b>Environnement humain</b> Ordonnancement individuel/collectif	L'ordonnancement peut très bien être réalisé par une seule personne, tout comme il peut être assuré par un groupe d'ordonnanceurs (dans les entreprises de taille plus importante). Lorsqu'il s'agit d'ordonnancement de groupe, il est intéressant de détecter la répartition des tâches qui peut se faire selon différents critères : un ordonnanceur par phase, un opérateur par type de ressource ou selon la nature du service, etc.
<b>Types de collaboration :</b>	
• Travail d'équipe	2 ou plusieurs opérateurs formant une équipe. Travail commun autour d'un objectif partagé. Il s'agit du premier niveau de collaboration.
• Coordination	2 ou plusieurs opérateurs collaborent ensemble, avec chacun des missions différentes mais complémentaires. Par exemple, un premier ordonnanceur assure l'affectation des ressources aux commandes tandis que le second fixe l'ordre et la date des livraisons.
• Coopération	Il s'agit d'une interdépendance entre les tâches de chacun. Dans le contexte de coopération, les opérateurs mènent une réflexion commune sur l'ensemble des étapes de l'ordonnancement en se concertant et en contrôlant mutuellement leur travail pour parvenir au but final.
<b>Environnement matériel</b>	
• Outils d'ordonnancement	En se basant sur l'analyse de l'activité, il s'agit de dresser une liste la plus complète possible de l'ensemble des outils sollicités pendant le processus d'ordonnancement.
• Niveau d'automatisation	Enfin, la fonction des outils doit également faire l'objet d'une attention particulière. En effet, ces derniers peuvent être de simples sources d'information ou des supports de réflexion, ou bien permettre la construction automatique d'un ordonnancement (exemple : logiciel intégrant des algorithmes). Ainsi, un ordonnancement peut être manuel, automatique ou bien hybride, sollicitant aussi bien l'Homme que la machine.

## 2.4. Règles d'ordonnancement

Un ordonnancement ne peut être élaboré sans l'application d'un certain nombre de règles, définissant les priorités de l'ordonnanceur. En effet, l'ordonnanceur doit fréquemment satisfaire plusieurs commandes, ce qui le conduit à faire un choix dans l'ordre d'exécution des plans. Si dans certains domaines comme le secteur manufacturier, l'utilisation de ces règles se fait de manière

explicite, voire automatique (intégration d'algorithmes), cette application est beaucoup plus implicite et même inconsciente dans de nombreux autres contextes. L'analyse de l'activité doit ainsi permettre de repérer dans un premier temps, les principaux objectifs du système d'ordonnancement, puis d'explicitier les règles de priorités qui en découlent. Enfin, l'analyste pourra noter si les règles sont suivies de façon inconsciente ou volontaire, et dans quel cas il faudra différencier une application algorithmique d'une application « manuelle ». Le Tableau 5 récapitule quelques-unes des règles de priorité les plus couramment utilisées, issues d'une littérature très riche, notamment en Recherche Opérationnelle (ex. : Tsung-Che & Li-Chen, 2012). Selon Bonfill, Espuna et Puigjaner (2008), les règles de priorité s'appliquent dans l'ordonnancement pour répondre à quatre questions fondamentales :

- Quelle commande traiter ?
- Quelle ressource y affecter ?
- Comment lancer la procédure ?
- Quand mettre en œuvre l'ordonnancement ?

Tableau 5. Les règles de l'ordonnancement.

Règles d'ordonnancement	Définitions et illustrations opérationnelles
<b>Principales règles de priorité dans l'ordonnancement</b>	
- <b>FCFS</b> ( <i>First come, first served</i> )	la priorité est donnée aux opérations/commandes, selon leur ordre d'arrivée
- <b>SPT</b> ( <i>Shortest Processing Time</i> )	la priorité est donnée aux opérations/commandes qui ont le délai de processus (fabrication, transport, etc.) le plus court
- <b>LPT</b> ( <i>Longest Processing Time</i> )	la priorité est donnée aux opérations/commandes qui ont le délai de processus le plus long
- <b>EDD</b> ( <i>Earliest Due Date</i> )	la priorité est donnée aux opérations/commandes dont la date de fin promise (date de livraison, heure de visite, etc.) est la plus proche
- <b>PCO</b> ( <i>Prefered Customer Order</i> )	la priorité est donnée aux opérations/commandes du client « préféré ». Il peut s'agir du client le plus rentable, d'un client familier ou dépendant de tout autre facteur subjectif de préférence
- <b>CR</b> ( <i>Critical Ratio</i> )	la priorité est donnée aux commandes dont le ratio critique (temps restant/travail restant) est le plus élevé

Le tableau 5 ne présente que quelques règles d'ordonnancement génériques, parmi les plus fréquemment rencontrées dans la littérature. Évidemment, chaque secteur d'activité comporte également des heuristiques spécifiques, ayant tout autant leur place dans cette partie de la typologie présentée.

## 2.5. Phases d'ordonnancement

La démarche d'ordonnancement se caractérise généralement par l'enchaînement de plusieurs étapes. Dans la littérature, nous constatons globalement une distinction entre deux phases principales : la phase prédictive (ou proactive) et la phase réactive (ou rétroactive) (Pinot, 2008).

La phase prédictive a lieu avant l'exécution du plan. Pour ce faire, l'ordonnanceur doit se construire un modèle du problème, et construire son plan avec un niveau de précision plus ou moins important, en se projetant dans le futur. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle cette phase exige un sens aigu de l'anticipation. Ainsi, la phase prédictive englobe l'ensemble des activités de prise d'information permettant à l'ordonnanceur de créer sa représentation du problème.

La phase réactive a lieu pendant l'exécution du plan. Lors de cette phase, il s'agit de réagir et de réajuster le plan initial en fonction de l'évolution de la situation. La notion de « ré-ordonnancement » est alors employée pour les interventions de l'ordonnanceur pendant cette phase, pour mettre à jour l'ordonnancement initial et en assurer la validité dans le temps (Vieira, Hermann & Lin, 2003). La phase réactive nécessite des qualités d'adaptabilité, étant donné la marge de manœuvre plus réduite et la pression temporelle plus importante (Pinot, op. cit.).

Dans le cadre d'une démarche d'analyse descriptive ou comparative entre deux situations d'ordonnancement, le niveau et la nature du ré-ordonnancement (phase réactive) sont des facteurs primordiaux à prendre en compte ; ils permettent de déceler des informations cruciales dans la compréhension d'une situation d'ordonnancement. Ces indicateurs peuvent révéler une instabilité plus ou moins importante du processus, une ambiguïté, de l'incertitude portant sur les informations initiales, ou encore un manque de robustesse dans l'ordonnancement initial (Cegarra, 2006).

Tableau 6. Phases d'ordonnancement.

Phases d'ordonnancement	Définitions et illustrations opérationnelles
<b>Phase prédictive</b>	L'ensemble des prises d'informations sur la disponibilité des ressources, sur les fenêtres temporelles, sur les trajets possibles, etc. Plus les informations seront nombreuses et fiables, plus l'ordonnanceur consacrera de temps à cette phase. Dans certaines situations fortement dynamiques, l'ordonnancement se réalise en temps réel et la phase prédictive est quasi inexistante.
<b>Phase réactive</b>	La phase réactive est présente dans l'ensemble des activités d'ordonnancement. Cependant, elle peut correspondre à une simple activité de suivi accompagnée de quelques ajustements dans certaines situations ; alors que dans d'autres, il peut s'agir d'une activité de ré-ordonnancement continu et en temps réel. Par exemple, lorsque les temps de déchargement sont complètement aléatoires, une tournée multidestinataire avec des horaires précis de livraison ne peut être réalisée. Le plan doit être ainsi constamment « mis à jour » en phase réactive. Il s'agit donc là d'un cas de ré-ordonnancement, pour cause d'absence d'informations précises dans la phase prédictive.

## 2.6. Indicateurs de performance

Les indicateurs de performance sont des repères pour évaluer l'activité d'ordonnancement. Ces derniers dépendent directement des objectifs propres à chaque organisme, et des règles d'ordonnancement établies, ainsi que des valeurs et des objectifs des clients (Beamon, 1999). Lohman, Fortuin et Wouters (2004) définissent un indicateur de performance comme étant une variable qui exprime quantitativement l'efficacité ou l'efficience d'une partie ou de la totalité d'un processus ou d'un système, à l'encontre d'un objectif ou d'une norme. Tout comme les règles de priorité, l'utilisation d'indicateurs de performance peut se faire de manière officielle avec un suivi statistique rigoureux, ou bien dans le cadre d'une démarche beaucoup plus informelle. Les ordonnanceurs s'interrogent ainsi sur des points bien précis afin de se construire des feedbacks sur leur propre activité. Pour l'ergonome, les intérêts à déceler et à analyser les indicateurs de performance apparaissent nombreux. Cela peut permettre, par exemple, de vérifier si les objectifs d'ordonnancement affichés initialement sont en phase avec les indicateurs d'auto-évaluation exploités. Faute de quoi, le système d'ordonnancement comportera des incohérences à rectifier. Gunasekaran, Patel et Tirtiroglu (2001) soulignent l'importance de différencier les indicateurs selon le niveau d'ordonnancement. Ainsi, les auteurs préconisent de privilégier les indicateurs financiers à un niveau stratégique, et de se focaliser davantage sur des indicateurs non-financiers au niveau opérationnel.

Ahmad et Dhafr (2002) ont cherché à répertorier la nature des indicateurs le plus fréquemment utilisés dans les entreprises. Cette enquête leur a permis de distinguer cinq types d'indicateurs majeurs : la rentabilité, la conformité aux spécifications, la satisfaction du client, le retour sur investissement, et le coût des matériaux généraux. Comme le constate Polo (2016), les aspects économiques et financiers semblent être en pole position des priorités des entreprises. Letouzey (2001) propose une liste des différents indicateurs de performance, divisée en cinq catégories. Celles-ci sont décrites dans le Tableau 7. Bien que ce répertoire n'intègre pas la totalité des indicateurs existants, il permet d'aiguiser la réflexion de l'analyste quant à la détection de ces derniers.

Tableau 7. Les indicateurs de performance dans l'ordonnancement.

Indicateurs de performance	Définitions et illustrations opérationnelles
<b>Indicateurs temporels :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Retard moyen ou maximal des commandes</li><li>- Retard des commandes par priorité</li><li>- Durée opératoire par commande</li><li>- Temps de cycle par commande</li><li>- Durée opératoire / temps de cycle par commande</li><li>- Retard / temps de cycle par commande</li><li>- Temps de réglage par commande</li><li>- Temps de réglage / temps de cycle par commande</li></ul>	L'utilisation des indicateurs temporels traduit un objectif prioritaire, qui est le respect des délais de fabrication/livraison. Il s'agit par exemple de surveiller la proportion de livraisons hors délai, le temps de retard moyen ou le temps moyen passé à effectuer une tâche/distance de référence.
<b>Indicateurs de ressources :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Taux d'occupation par ressource</li><li>- En-cours</li><li>- Nombre de ressources utilisées par commande</li><li>- Somme des temps de réglage par ressource</li></ul>	Ces indicateurs sont fréquemment utilisés dans les situations où l'exploitation des ressources peut être coûteuse. À titre d'exemple, le niveau de fréquentation des lignes de bus est un indicateur fort dans l'optique de les maintenir, de les modifier ou de les supprimer, dans un réseau de bus urbain.
<b>Indicateurs financiers :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Surcoût en heures supplémentaires</li><li>- Surcoût en sous-traitance</li><li>- Coût de stockage</li></ul>	Quel que soit le domaine ou la taille des structures, rares sont les entreprises qui ne prennent pas en compte les indicateurs financiers. L'utilisation de ces indicateurs peut conduire à des réajustements tarifaires, comme dans le cas d'une augmentation du prix du carburant pour une entreprise de transport. Les indicateurs financiers s'appliquent davantage sur une évaluation à moyen, voire long terme.
<b>Indicateurs sur les opérateurs :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Volume d'heures supplémentaires</li><li>- Taux d'utilisation d'une compétence critique</li></ul>	Il s'agit des indicateurs centrés sur les salariés, plus précisément sur la quantité et les exigences de leur travail. L'analyse des absences et des maladies professionnelles peut également être intégrée dans cette catégorie.
<b>Indicateurs sur l'incertitude :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Nombre de ressources sur-réservées</li><li>- Retards de commandes certains / retards de commandes incertains</li></ul>	Introduire la flexibilité dans un système pour gérer l'incertitude n'est pas sans coût. Cependant, l'échec dans l'exécution d'un plan par manque d'anticipation peut s'avérer désastreux. C'est pourquoi il existe des indicateurs concernant la gestion de l'incertitude, afin d'évaluer si celle-ci est surestimée ou sous-estimée.

## 2.7. Exigences cognitives d'ordonnancement

En préambule de cette partie, nous avons affiché la volonté de suggérer une typologie complète des situations d'ordonnancement, basée à la fois sur les dimensions situationnelles et celles portant sur l'activité cognitive de l'ordonnanceur. Si les six premières dimensions exposées précédemment portent sur des paramètres situationnels, les deux parties suivantes seront consacrées principalement à la dimension individuelle, et plus précisément aux exigences cognitives auxquelles l'ordonnanceur est soumis.

Se construire une représentation du problème, prendre en compte les différentes contraintes, prioriser les objectifs et la gestion de l'ensemble des éléments situationnels qui viennent d'être évoqués, représentent un coût mental pour l'opérateur. Cependant, le niveau de cette exigence peut varier selon les modalités et le contexte propres à chaque situation. Finalement, il s'agit d'une relation de cause à effet, où les facteurs situationnels conditionnent l'activité cognitive de l'ordonnanceur (conséquence). Consacrer une partie de cette grille de description des situations d'ordonnancement stimule l'analyste pour approfondir sa réflexion et centrer davantage la démarche autour de l'agent humain. Pour faciliter cette réflexion, il est alors intéressant de présenter quelques dimensions cognitives à solliciter dans le cadre de l'ordonnancement.

Pour ce faire, nous nous inspirons des travaux de Cegarra (2008) sur l'élaboration d'une typologie cognitive des situations d'ordonnancement. En effet, en se référant à d'autres travaux dans le domaine des Facteurs Humains (Cellier, 1996 ; Van Der Schaaf, 1993 ; Wiers, 1997), Cegarra a défini sept dimensions cognitives de l'ordonnancement :

- l'incertitude des informations
- l'instabilité du processus
- la pression temporelle
- les différents cycles temporels
- la continuité/discontinuité du processus
- la complexité structurale
- les objectifs multiples et contradictoires

Afin d'éviter une surreprésentation des dimensions cognitives et dans le but de faciliter l'utilisation de cette typologie, nous avons fait le choix de réduire et de regrouper une partie des dimensions citées (cf. Tableau 8). Ainsi, « l'instabilité du processus » et « l'incertitude des informations » sont regroupées autour d'une notion commune : l'incertitude. Une dimension qui sera présentée à part, dans le cadre de la huitième et dernière partie de cette typologie. La dimension « complexité structurale » n'a également pas été retenue, puisqu'elle recoupe et dépend de l'ensemble des catégories présentes par ailleurs dans notre schème de codage. Notre réflexion sur la notion – ô combien importante – de la « complexité » sera développée en conclusion de ce manuscrit.



Tableau 8. Exigences cognitives dans l'ordonnancement.

<b>Exigences cognitives</b>	<b>Définitions et illustrations opérationnelles</b>
<b>La pression temporelle</b> - Horizon temporel	L'ordonnancement est une activité exigeante sur le plan mental, et requiert donc un temps important pour sa réalisation. Cependant, le temps mis à disposition de l'ordonnanceur n'est pas infini, et de nombreuses contraintes temporelles limitent la durée de réalisation d'un plan. La pression temporelle augmente avec la complexité et la réduction de l'horizon temporel (Matha, Rattat & Cegarra, 2013). Elle se traduit par des ordonnancements plus simples, avec une évaluation plus « rapide » des différentes solutions alternatives.
- Rigidité des fenêtres temporelles	La pression temporelle varie également en fonction de la rigidité des fenêtres temporelles. Par exemple, l'ordonnancement d'une tournée avec des produits alimentaires doit prendre en compte une fenêtre temporelle courte, et non « relâchable ». À l'inverse, le transport d'un matériel agricole correspondra à une fenêtre temporelle plus souple, puisque généralement l'agriculteur se trouve toute la journée sur son exploitation et peut donc réceptionner son matériel. Il apparaît évident que pour une échéance identique, l'exploitant chargé de l'ordonnancement, mais aussi le conducteur, subiront davantage de pression temporelle dans le premier cas que dans le second.
<b>Les différents cycles temporels</b>	Les situations d'ordonnancement se caractérisent par la coexistence de plusieurs cycles temporels (Forrierre et al., 2011). Plus le rythme des différents acteurs va différer, plus cela va augmenter le niveau de complexité de l'ordonnancement. Par exemple, l'ordonnancement des tournées des médecins de travail peut s'avérer problématique lorsque les médecins travaillent selon des horaires classiques, alors que l'entreprise ciblée présente une activité principalement nocturne. Ce qui représente une équation supplémentaire à résoudre pour l'opérateur, dans sa mission d'ordonnancement.
<b>Les objectifs multiples et contradictoires</b>	L'élaboration d'un ordonnancement s'accompagne fréquemment de la gestion d'un certain nombre de dilemmes. En effet, l'ordonnanceur doit satisfaire au mieux les objectifs de la direction, des employés, des clients ou des partenaires. Cette conciliation s'avère complexe, puisque les objectifs sont souvent divergents et peuvent dans certaines situations créer des conflits. À titre d'exemple, dans le cas du transport de fonds, les clients (banques) peuvent préférer être approvisionnés en début de matinée, alors que l'intérêt de l'entreprise de transport, en particulier pour les convoyeurs, serait plutôt d'effectuer une livraison en fin de matinée, avec moins de circulation de véhicules et davantage de sécurité.

## 2.8. L'incertitude dans l'ordonnancement

La dernière dimension qui compose notre typologie est le concept d'incertitude. Au même titre que les critères qui viennent d'être décrits dans les paragraphes précédents, l'incertitude fait partie intégrante d'une situation d'ordonnancement. Nous y consacrerons une description plus référencée et un développement plus important pour expliciter cette notion, ce qui ne signifie absolument pas que l'incertitude doive être considérée comme un paramètre plus important que ceux évoqués précédemment. Cette distinction s'explique naturellement par les objectifs et les choix stratégiques de ce travail de thèse, qui placent l'incertitude au centre de nos préoccupations scientifiques.

### 2.8.1. Définition

L'incertitude est un élément omniprésent dans l'ordonnancement, et plus généralement dans tous les systèmes sociotechniques (Maquet & Philippe, 2006). Cette omniprésence la place au cœur de nombreux travaux en ergonomie (Bainbridge, 1992 ; Dörner, 1980 ; Hollnagel, Mancini, & Woods, 1988 ; Spérandio, 1977 ; Valot, 1996). L'incertitude peut résulter d'informations ambiguës, voire contradictoires (Brehmer & Dörner, 1993) ou d'un accès indirect à ces informations comme dans la conduite de hauts-fourneaux (Hoc, 1991). Par ailleurs, des aléas peuvent modifier fortement la situation en cours (par exemple, dans le contrôle aérien ; Spérandio, 1977). Ces manifestations de l'incertitude sont mises en exergue dans de nombreuses autres disciplines telles que la recherche opérationnelle, l'économie et l'ingénierie.

Il existe dans la littérature une multitude de termes qui expriment *in fine* des concepts proches de l'incertitude, voire identiques à celle-ci, ce qui implique même une difficulté à définir l'incertitude en raison de sa polysémie (Laphorn & Hellemans, 2012). Comme pour de nombreuses dimensions cognitives telles que la complexité, l'incertitude ne peut pas être envisagée uniquement du point de vue du processus technique (Cegarra, 2008). En effet, l'incertitude qui porte sur un processus – comme un aléa – n'est pas nécessairement inattendue pour un opérateur expert. McKay (2001) donne l'exemple des chefs d'ateliers experts qui se préparent à une période d'instabilité après toute réparation ou mise à jour des machines. Ce qui semble incertain du point de vue du processus peut être tout à fait prévu par l'expert. Certains auteurs proposent une conception inverse, où l'incertitude est entièrement envisagée du point de vue subjectif. Pour Lipshitz et Strauss (1997), l'incertitude est avant tout un sentiment de doute chez un individu. Or, un opérateur peut douter, même sans incertitude ! Nous privilégions donc une définition situationnelle qui prenne en compte l'incertitude comme une interaction entre un opérateur et son environnement de travail. Pour cela, nous définissons l'incertitude comme un sentiment de doute lié à l'état présent de la situation, à son évolution ou aux possibilités d'action et qui empêche ou retarde l'action (pour une conception similaire, voir aussi Berkeley et Humphreys, 1982).

L'ordonnancement et plus globalement les problèmes de conception, ne sont pas les seuls problèmes affectés par l'incertitude. Dans le cadre de ses travaux en psychologie du travail, Marescaux (2007) souligne la multiplicité des situations dans lesquelles l'incertitude pèse sur l'activité. L'exécution, la supervision ou encore le travail coopératif sont autant de contextes également affectés par l'incertitude.

### 2.8.2. La pluralité de l'incertitude

Sous l'influence du courant fiabiliste, deux types d'incertitude sont habituellement distingués. Le premier, *épistémique* (nommé également *réductible*), qui résulte d'une méconnaissance ou d'un manque d'information sur la situation. Le second, *stochastique* (ou *irréductible*, aléatoire, inhérent) qui résulte de la variabilité de tout processus, intégrant la présence d'aléas (pour une revue, voir Samson, Reneke & Wiecek, 2009). De par sa prégnance dans les situations de travail, le courant *Naturalistic Decision Making* (NDM) considère la gestion de l'incertitude comme une caractéristique essentielle de l'expertise (Orasanu & Connolly, 1993). En complément, plusieurs auteurs de ce courant insistent sur le fait que l'incertitude peut porter sur les données, mais également relever d'un jugement porté par l'opérateur sur son propre fonctionnement cognitif (Schmidt, 1996). Ainsi, l'opérateur peut être incertain quant à sa compréhension de la situation, à ses anticipations ou encore aux conséquences de ses propres actions (Endsley & Jones, 2004). Dans le cadre d'une démarche de conception d'interface basée sur le modèle de conscience de la situation (*situation awareness*, Endsley, 1995), Endsley et Jones (op. cit.) classent le concept d'incertitude en quatre familles :

- Niveau 1 : *incertitude sur les données*. Elle résulte notamment du manque d'information, d'un délai d'échantillonnage dans la prise d'information, de la confiance que l'on accorde à la source d'information, de discordances entre informations ; et enfin, du « bruit » associé aux données. On retrouve ainsi le concept d'opacité de contradiction et de turbulence (cf. par exemple, Dörner, 1980).
- Niveau 2 : *incertitude sur la compréhension de la situation*. L'opérateur peut percevoir un certain niveau global d'incertitude sur sa compréhension de la situation. On retrouve ainsi le concept d'ambiguïté, qui désigne un sentiment général de mauvaise représentation de la situation (Berkeley & Humphreys, 1982).
- Niveau 3 : *incertitude sur l'évolution de la situation*. Dans de nombreuses situations, notamment dynamiques, des aléas peuvent intervenir et perturber la situation présente.
- Niveau 4 : *incertitude sur la décision*. Il peut exister un écart entre la décision et les conséquences attendues de cette décision. Par exemple, plusieurs solutions peuvent paraître a priori strictement équivalentes, mais leurs conséquences ne sont pas totalement connues. Dans les théories classiques de la décision, le concept de risque est également distingué de

celui d'incertitude, selon que les conséquences des décisions sont connues (pour le premier) ou non (pour le second) (Fox & Tversky, 1995).

Un chercheur ou un ergonome de terrain ne peut pas se contenter seulement d'affirmer qu'un ordonnancement est affecté ou non par l'incertitude. Détecter le type d'incertitude dont il s'agit n'est également pas toujours suffisant. Pour aller au bout de sa démarche d'analyse, le chercheur ou l'ergonome devra tenter de détecter sur quel « objet » porte l'incertitude. Smith et Becker (1997) définissent le système d'ordonnancement autour de cinq concepts majeurs : l'activité, le produit, la demande, les contraintes et les ressources (cf. figure 3). Chacune de ces composantes peut être affectée par l'incertitude (Ravary, 2008).

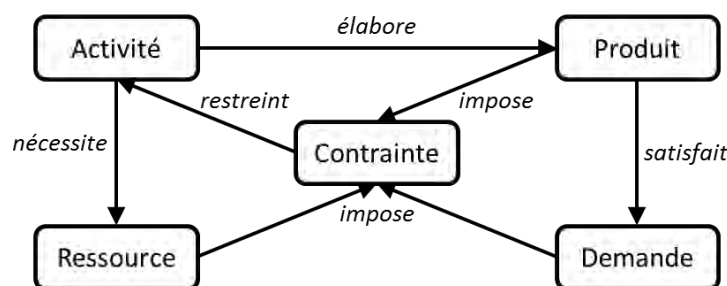


Figure 3. Les concepts et leurs relations en ordonnancement (tiré de Smith & Becker, 1997).

Au format identique que les précédents paramètres d'ordonnancement évoqués, le tableau 9 résume quelques points fondamentaux à prendre en compte concernant la détection et l'analyse de l'incertitude dans le cas de l'ordonnancement.

Tableau 9. Sources et types d'incertitude dans l'ordonnancement.

Sources et types d'incertitude	Définitions et illustrations opérationnelles
<b>Types d'incertitude</b>	
- Incertitude sur les informations données (épistémique)	Dans de nombreuses situations, l'incertitude peut porter sur les « ingrédients de base » nécessaires à l'élaboration d'un ordonnancement. Il peut s'agir de la nature de la demande d'un client, de la disponibilité d'une ressource, ou de la durée de l'accomplissement d'un processus de production ou de transport. Cette incertitude peut également se traduire sous la forme d'une absence totale d'information. Ce qui explique la favorisation fréquente des stratégies « d'attente » et d'ordonnancement dynamique dans de nombreux cas de figure.
- Incertitude sur l'état futur de la situation (stochastique)	La deuxième principale source d'incertitude est liée soit à l'instabilité du processus même (probabilité de survenue d'aléas tels que les pannes, les accidents, etc.), soit à des facteurs externes comme les variations des demandes des

clients, les conditions atmosphériques, les absences du personnel, etc.

---

### Source d'incertitude

- **Activité**

L'activité est le processus qui permet d'élaborer le produit final dans une entreprise. Une incertitude sur l'activité peut se traduire par un doute sur la durée de ce processus, ou bien par les aléas pouvant survenir et mettre à mal l'accomplissement de l'activité.
  - **Produit**

Le produit représente en quelque sorte la finalité du système de production. Il arrive parfois que le produit final ne corresponde pas à celui escompté. Ce risque, plus ou moins grand selon les situations, doit être pris en compte dès l'étape d'ordonnancement.
  - **Demande**

La demande provient généralement du client. Dans certains domaines, notamment dans les entreprises où les gammes de produits sont multiples, l'incertitude peut résider dans l'évolution des demandes dans le temps, ou bien dans les changements fréquents et imprévisibles des demandes par les clients mandataires.
  - **Contraintes**

Les contraintes « pèsent » sur l'activité et limitent le champ d'action des opérateurs et l'exploitation des ressources. Si certaines contraintes sont parfaitement connues et intégrées par l'ordonnanceur, d'autres peuvent s'avérer beaucoup plus ambiguës, impliquant une anticipation basée sur l'expertise de celui-ci.
  - **Ressources**

Les ressources permettent la mise en œuvre de l'activité. La fiabilité d'une ressource, qu'il s'agisse d'un matériel ou d'un agent humain, peut être, par exemple, une source d'incertitude pour l'ordonnanceur.
- 

## 3. Synthèse théorique

À travers les huit dimensions présentées, nous venons de répertorier les principales caractéristiques communes à l'ensemble des situations d'ordonnancement.

Évidemment, il serait présomptueux et irréaliste de considérer cette typologie comme une liste exhaustive et un reflet exact de toutes les situations possibles et imaginables d'ordonnancement. Cependant, celle-ci peut être un outil de description suffisamment précis pour faciliter la mise en œuvre d'une démarche d'analyse, qu'il s'agisse d'approche de recherche ou de terrain.

La typologie conçue comporte certainement son lot d'incomplétudes et d'approximations. En effet, chacune des dimensions évoquées pourrait faire l'objet d'un développement théorique nettement plus conséquent. De plus, certains lecteurs de cette étude trouveront toujours et à juste titre, d'autres éléments ayant tout à fait leur place au sein de cette liste de critères. Cependant, il convient de rappeler à nouveau que la conception de cette typologie n'a pas pour seul objectif une contribution théorique ; elle est également motivée par une application réaliste et fonctionnelle sur le terrain. Ainsi, si le placement du « curseur de compromis » entre la rigueur scientifique et la facilité d'utilisation est discutable, la volonté de réconcilier la recherche et la pratique est tout autant revendiquée.

Le tableau 10 regroupe l'ensemble des dimensions évoquées, dont la notion d'incertitude qui focalise un intérêt particulier dans le cadre de ce travail de thèse.

Tableau 10. Typologie des situations d'ordonnancement.

<b>1. Horizon temporel de l'ordonnancement</b>	<i>Niveau stratégique Niveau tactique Niveau opérationnel</i>
<b>2. Conditions d'ordonnancement</b>	<i>Contraintes de ressources Contraintes temporelles Contraintes environnementales Spécificités</i>
<b>3. Environnement d'ordonnancement</b>	<i>Environnement humain (type et niveau de collaboration) Environnement matériel (type et niveau de collaboration)</i>
<b>4. Règles d'ordonnancement</b>	<i>Algorithmes et règles de priorités utilisés</i>
<b>5. Phases d'ordonnancement</b>	<i>Prédictive Réactive</i>
<b>6. Indicateurs de performance</b>	<i>Indicateurs temporels Indicateurs de ressources Indicateurs financiers Indicateurs sur les opérateurs Indicateurs sur l'incertitude</i>
<b>7. Exigences cognitives</b>	<i>La pression temporelle Les différents cycles temporels Les objectifs multiples et contradictoires</i>
<b>8. Sources et types d'incertitude</b>	<i>Types d'incertitude Sources d'incertitude</i>

Cette typologie finale représente ainsi un cadre à la fois théorique et pratique, sur lequel nous nous appuyerons dans les chapitres suivants pour décrire et comparer les situations de terrain étudiées. Si ce cadre constitue un premier pas vers notre démarche empirique, celui-ci ne permet cependant pas encore d'engager l'analyse cognitive des situations réelles d'ordonnancement. En

effet, cette typologie permet de comprendre *quelles* situations sont étudiées, mais ne résout en rien la question du *comment* analyser ces situations. Franchir cet obstacle relève d'une réflexion approfondie sur la conception d'une méthode d'analyse en cohérence avec les objectifs de recherche. Cette problématique méthodologique sera placée au cœur du chapitre 2 suivant, retraçant une démarche qui intègre aussi bien les besoins scientifiques que les contraintes pratiques. Ces réflexions aboutiront à la proposition d'un outil ergonomique pour l'analyse de l'activité.

# Chapitre 2

## Contribution méthodologique pour une analyse ergonomique des situations d'ordonnancement sous incertitude

---

La problématique générale de ce travail de thèse regroupe à la fois une spécificité disciplinaire, l'approche cognitive ; et une particularité situationnelle, l'ordonnancement sous incertitude. Une combinaison qui rend cette problématique singulière, avec un manque notable d'éléments de comparaison dans la littérature comme cela a été souligné dans les parties introductives. Cette singularité théorique induit naturellement un besoin spécifique sur le plan méthodologique. Satisfaire ce besoin spécifique consiste à concevoir un outil d'analyse permettant de détecter avec précision les mécanismes mentaux, tout en donnant à celui-ci un minimum d'impact sur l'activité réelle de l'ordonnanceur. Ce dernier point revêt une importance majeure, puisque ce travail de recherche se fonde sur une approche exclusivement empirique.

Comme nous venons de l'évoquer, l'objectif principal de la conception d'un outil d'analyse est de satisfaire au besoin spécifique de la problématique de recherche. Pour assurer une cohérence structurelle de ce travail de recherche, nous tâchons de respecter une continuité entre l'outil de description, la typologie des situations d'ordonnancement et l'outil méthodologique d'analyse. Cette continuité se manifeste notamment à travers les deux points suivants :

Premièrement, la typologie des situations d'ordonnancement, remplissant une fonction de grille de description, repose sur deux catégories de variables. Les variables concernant la tâche d'ordonnancement et celles relevant de l'activité de l'ordonnanceur. Indéniablement et quelle que soit la forme de l'outil d'analyse, celui-ci devra également comporter des indicateurs sur chacune de ces deux dimensions.

Deuxièmement, la typologie exposée représente un cadre descriptif adapté aux objectifs et au contexte particulier de notre étude. Cependant, en mettant en avant son aspect générique, nous l'avons également présenté comme un outil exploitable dans bien d'autres situations, qu'il s'agisse de démarches de recherche ou d'interventions sur le terrain. Ainsi, cette volonté d'apporter des contributions au-delà des frontières étroites de cette thèse doit être poursuivie dans la démarche de conception de l'outil d'analyse. Résumer cela par une métaphore reviendrait à penser que construire une canne à pêche pour attraper une seule espèce de poisson à une occasion bien particulière, est une bonne chose ; néanmoins, faire en sorte que cette canne à pêche puisse être



réutilisée pour des parties de pêche ultérieures, dans d'autres circonstances, c'est encore mieux ! Par conséquent, bien que la méthode d'analyse ait pour but de répondre aux objectifs prédéfinis, sa structure et les recommandations de son utilisation permettront de percevoir également ses champs d'application futurs.

Dans les cours introductifs à l'ergonomie, il est habituel de présenter l'observation comme le principal outil d'analyse de l'activité. En effet, la systématisation de l'observation<sup>4</sup> et l'informatisation du traitement des données<sup>5</sup> permettent aujourd'hui d'accéder à de nombreuses informations sur l'activité réelle au travail. Cependant, l'activité d'un certain nombre d'opérateurs tels que les ordonnanceurs, est principalement de type mental. Ce qui signifie par définition qu'elle n'est pas directement observable. Dès lors, comment rendre l'activité cognitive visible, afin de pouvoir l'analyser ? Cette question a été, et est encore aujourd'hui, l'une des principales sources d'inspiration dans la recherche en ergonomie cognitive. En effet, ces interrogations méthodologiques ont fait naître diverses techniques et méthodologies, permettant d'accéder à l'activité mentale mise en œuvre par l'opérateur dans la réalisation de ses tâches professionnelles.

Parmi ces techniques, nous pouvons en citer quelques-unes utilisées fréquemment en ergonomie cognitive, tel que l'entretien d'autoconfrontation. Introduit par Bloom (1953) et Nielsen (1962) en psychologie, cette méthode d'analyse a largement été exploitée en ergonomie, suite notamment aux travaux de Theureau (1979 ; Pinsky & Theureau, 1987 ; Theureau & Jeffroy, 1994). Le principe de cette méthode consiste à enregistrer dans un premier temps l'ensemble des comportements verbaux et non-verbaux d'un opérateur, puis de lui demander de les commenter ultérieurement (Theureau, 1997). La conduite de trains (Faïta, 1997) ou encore la prise de décision dans l'arbitrage sportif (Rix, 2002) sont des exemples d'application de cette méthode. Si l'enregistrement vidéo représente un support mémoriel fort, et qui permet d'immerger le sujet dans le contexte de l'accomplissement de son activité (Boubée, 2010), l'autoconfrontation présente également plusieurs inconvénients. Elle exige tout d'abord une double sollicitation des sujets, au moment de l'enregistrement, puis lors de la confrontation (Darses, Hoc & Chauvin, 2004). De plus, les données récoltées dépendent fortement de la conduite de l'entretien par l'analyste, qui peut s'avérer complexe (Guérin, Riff & Testevuide, 2004).

Dans la catégorie des méthodes d'analyse consécutive à l'activité, nous pouvons également citer la technique d'entretien d'explicitation de Vermersch (1994). Tout comme l'entretien d'autoconfrontation, celle-ci consiste à s'entretenir avec l'opérateur, une fois son activité

---

<sup>4</sup> L'observation systématique, en opposition avec l'observation ouverte, consiste à observer l'activité en se focalisant sur des variables préalablement définies (grille d'observation).

<sup>5</sup> Exemple : logiciel Actogram Kronos, conçu pour apporter une aide à l'analyse de l'activité, élaboré par Kerguelen (1991 ; 2008).

professionnelle terminée. L'opérateur est dans un premier temps immergé dans le contexte de la situation visée, pour pouvoir ensuite accéder aux structures cognitives activées lors de l'activité réelle. Contrairement à l'entretien d'autoconfrontation qui conduit l'opérateur à justifier ses actions, l'entretien d'explicitation vise à uniquement à faire expliciter les procédures et à répondre à la question du *comment*. Cette méthode présente également de nombreux avantages, dont une forte implication du sujet interviewé, basée sur un processus d'auto-information, permettant de développer sa métacognition. Cependant, tout comme l'entretien d'autoconfrontation, elle repose sur une analyse rétrospective de l'activité, qui engendre, selon Ericsson et Simon (1984), la perte de certaines réflexions mises en œuvre au cours de la réalisation de l'activité. Ces derniers préconisent donc l'analyse de verbalisations simultanées à l'activité.

Dans le cadre de l'analyse de l'activité de l'ordonnement, notre choix s'est porté ainsi vers la méthode d'**analyse des protocoles verbaux** (Ericsson & Simon, 1984 ; 1993). Il s'agit, notamment, de demander à l'opérateur de verbaliser, à voix haute, toutes les réflexions qui surviennent dans l'accomplissement des différentes tâches auxquelles l'expérimentateur s'intéresse. En l'occurrence, au cours de son activité d'ordonnement.

L'analyse des protocoles, et plus particulièrement des protocoles verbaux, a été initiée au début du 20<sup>ème</sup> siècle, avec notamment les travaux de Watson (1924). En parallèle avec un intérêt grandissant pour ce type d'analyse, de nombreuses critiques ont également vu le jour au milieu du siècle précédent. Parmi celles-ci, nous pouvons citer Nisbett et Wilson (1977), qui ont mis en évidence plusieurs biais remettant en question le lien entre les verbalisations et les processus mentaux réellement mis en jeu. Enfin, à travers deux ouvrages, Ericsson et Simon (1984 ; 1993) ont posé les fondements de l'analyse de protocoles verbaux, en répertoriant différents types de verbalisation (simultanée, *versus* rétrospective), avec les points forts mais aussi les inconvénients de chacun. Les travaux de Leplat et Hoc (1983), axés davantage sur la notion de « tâche », ont également abouti à des conclusions convergeant avec celles d'Ericsson et Simon. Le cadre d'utilisation étant établi, de nombreux travaux ont été réalisés depuis les années 90 dans divers domaines, avec comme principal instrument l'analyse des protocoles verbaux.

Chaque technique d'analyse comporte son lot d'avantages et d'inconvénients, et l'analyse des protocoles verbaux ne déroge pas à cette règle. L'analyse des verbalisations simultanées, en opposition avec les verbalisations rétrospectives, rend possible un accès à la mémoire du travail, pour avoir une photographie plus précise des mécanismes cognitifs à un instant T. De plus, la verbalisation spontanée permet de réduire les oublis, ainsi que les reconstitutions qui ne reflètent pas réellement le raisonnement mis en œuvre au moment de réaliser l'activité (Ericsson & Simon, *op. cit.*). À l'inverse, demander à un opérateur de verbaliser ses pensées pendant son activité

présente un inconvénient majeur, celui de perturber cette activité. Néanmoins, cette perturbation se limite principalement aux activités à très forte dynamique, comme celle d'un contrôleur aérien (Leplat & Hoc, 1983). Dans la grande majorité des cas, l'ordonnement n'est pas soumis à cette dynamique extrême (de l'ordre des secondes) et l'analyse de productions verbales spontanées s'avère alors particulièrement judicieuse.

Par la suite, nous évoquerons le terme d' « analyse des protocoles » (et non pas d'analyse des « protocoles verbaux ») comme technique d'analyse. Amalberti et Hoc (1998) définissent un protocole comme « *un ensemble de données relatives à une situation observée ce jour-là, pour ce cas-là* ». Bien que les verbalisations soient au centre de l'analyse, d'autres données visuelles tels que les gestes ou l'orientation du regard, ont également leur importance et doivent être prises en considération.

Nous allons ainsi présenter la méthode conçue pour répondre à la problématique générale de cette thèse, en veillant à exposer au mieux toutes les étapes et les éléments de procédure les plus importants à prendre en compte.

## **1. Les différentes étapes d'une démarche d'analyse ergonomique**

### **1.1. Analyse stratégique**

Qu'il s'agisse de recherche appliquée ou fondamentale, toute intervention ergonomique commence par une phase d'analyse stratégique (globale) de la situation cible. Au-delà de l'analyse de la demande, qui concerne principalement les interventions de terrain, cette phase doit permettre à l'ergonome de se familiariser avec le secteur de l'activité et avec le fonctionnement général de l'entreprise ciblée, de connaître ses spécificités et d'en apprendre davantage sur les opérateurs concernés par l'analyse. Cette étape introductive se matérialise par une analyse documentaire, par des entretiens avec la direction et les opérateurs, par des observations ouvertes, accompagnées d'échanges sur les différentes tâches et l'environnement humain et matériel. Ces premières rencontres sont également l'occasion pour le chercheur de présenter ses objectifs d'étude, et d'expliquer en quoi les retombées à moyen terme et long terme pourraient contribuer à une évolution positive de leur métier. « Gagner la confiance, plutôt que de cultiver la méfiance », telle est notre devise pour obtenir une implication et une collaboration efficiente permettant d'accéder à des comportements spontanés et authentiques, lors de la phase de recueil des données.

### **1.2. Recueil des données**

Le recueil des données en situation réelle doit être le plus complet possible. Pour être en mesure d'analyser à la fois les données verbales et comportementales, nous préconisons un recueil de

données sous forme d'enregistrement vidéo. Dans le cas où l'opérateur est en mouvement et ne demeure pas à un poste de travail fixe, il convient de l'équiper avec un capteur de son portable (exemple : micro-cravate). Les consignes à transmettre à l'opérateur sont simples et concises : il s'agit de lui demander de verbaliser ses réflexions à voix haute dans la mesure du possible, tout en réalisant son activité le plus naturellement qui soit, telle qu'il a l'habitude de l'accomplir au quotidien. La présence de l'analyste au moment du recueil est fortement conseillée, voire indispensable. Celui-ci peut être amené à intervenir pour demander des informations supplémentaires concernant une prise de décision, ou pour réinviter l'opérateur à réfléchir à voix haute. Ainsi, dès lors que l'analyste détecte une phase de réflexion silencieuse, il doit relancer en utilisant des formules telles que : « continue à penser à voix haute » ou « n'oublie pas de dire tout ce qui te passe par ta tête » (Falardeau, Pelletier & Pelletier, 2014). La durée de la phase de recueil des données dépendra des objectifs de recherche, des caractéristiques de la situation étudiée, ou encore des contraintes temporelles limitant la durée de certaines interventions.

### 1.3. Le traitement des données

Le traitement des données est l'étape cruciale d'une démarche d'analyse. C'est celle qui permet de transformer la matière première, sous forme d'enregistrement, en un produit final qui corresponde aux résultats et aux enseignements sur l'activité considérée. Ce traitement se matérialise principalement par la mise en place d'une opération de codage. Pour ce faire, l'analyste doit au préalable concevoir un **schème de codage**, intégrant l'ensemble des variables à interroger en fonction des objectifs de recherche.

## 2. Proposition d'un schème de codage

Toute démarche méthodologique est motivée par des objectifs découlant des questions de recherche. Notre problématique, qui porte sur l'étude de l'activité d'ordonnancement en environnement incertain, impose la prise en compte de trois dimensions majeures dans le schème de codage : la dimension se référant à la tâche d'ordonnancement et la dimension concernant l'activité cognitive qui y est sous-jacente. Enfin une troisième dimension vise à déterminer des indicateurs afin de d'analyser la gestion de l'incertitude. Pour accomplir cet objectif, nous avons opté pour une approche psycholinguistique, qui consiste à utiliser des marqueurs langagiers comme des traces de l'activité cognitive, en l'occurrence, comme des indicateurs de gestion de l'incertitude. En suivant cette logique, un schème de codage tridimensionnel est proposé (cf. figure 4). L'ensemble du protocole verbal enregistré est découpé en unités plus réduites : **les énoncés**. Les détails opérationnels de la phase de découpage seront explicités dans la partie suivante. Ce découpage permet de rendre possibles le codage et le traitement statistique. Ainsi, les trois

niveaux d'analyse (tâches, activité cognitive et indicateurs de gestion de l'incertitude) sont tous codés à partir des énoncés. La suite de ce chapitre 2 sera consacrée dans un premier temps à la définition de chacune de ces trois dimensions. Puis, nous présenterons tous les éléments importants à prendre en compte dans l'application et l'interprétation de la méthode proposée.

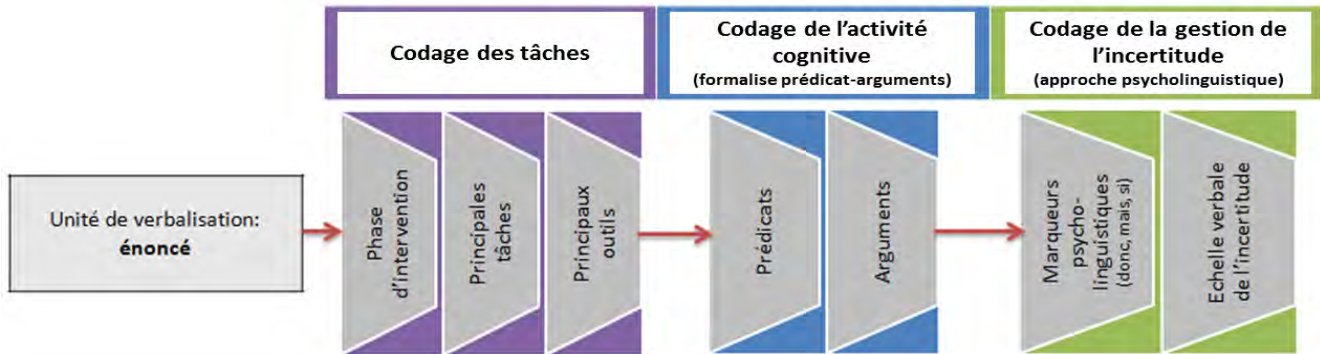


Figure 4. Schème de codage tridimensionnel

## 2.1 Codage des tâches

Cette première dimension du schème de codage a pour rôle de distinguer les principaux éléments « perceptibles » relatifs à la réalisation des tâches. La notion de « perceptible » est à mettre en opposition avec les processus cognitifs, qui nécessitent un traitement plus approfondi, basé sur l'induction. Ainsi, cette partie regroupe trois variables : les phases d'intervention, les tâches et les outils.

- **Phase d'intervention**

L'activité d'un ordonnanceur se compose d'une première phase d'élaboration (ordonnancement), puis d'une seconde phase de suivi ou d'adaptation, dès lors que l'exécution du plan a débuté. Toute intervention après le début de l'exécution d'un plan sera considérée comme appartenant à la phase de ré-ordonnancement. Ainsi, dans un objectif de comparaison des processus mentaux mis en jeu lors des deux étapes, nous précisons la phase de l'intervention pour chaque énoncé. Il s'agira de préciser, lorsque cela est possible, si l'exploitant effectue une opération dans le cadre « d'ordonnancement », phase préalable à l'exécution ; ou bien s'il s'agit d'une action lors de la phase de « ré-ordonnancement ». À titre d'exemple, « je regarde qui est disponible pour le mettre peut-être sur la tâche X de demain », serait codé en phase « d'ordonnancement ». À l'inverse, « je vérifie la position de Thierry pour voir si je peux lui faire faire un détour par le dépôt » sera considéré comme une opération en phase de « ré-ordonnancement ».

- **Tâches réalisées**

En contexte réel de travail, ce n'est jamais la totalité du temps du travail de l'ordonnanceur qui est consacrée à la tâche d'ordonnancement. En effet, selon la taille de l'entreprise, les prescriptions du poste ou les besoins réels de l'organisme à un instant T, cet opérateur peut être amené à remplir bien d'autres missions. Il pourrait s'agir de tâches techniques, commerciales ou encore administratives. Afin d'analyser l'activité de l'ordonnanceur avec pertinence et précision, il convient alors de détecter ses principales tâches, et de coder le protocole en fonction de celles-ci. Ainsi, dans le cadre d'une étude qui porte spécifiquement sur l'ordonnancement, l'analyste se focalisera exclusivement sur les énoncés portant sur la tâche d'ordonnancement ; alors que dans le cadre d'une analyse plus globale, il pourra prendre en compte les autres tâches effectuées. Les principales tâches doivent être répertoriées dans le cadre de l'analyse globale. Cela permet de définir des modalités au préalable, afin d'éviter à l'ergonome de « naviguer à vue » lors du codage des données.

L'aperçu des différentes variables et indicateurs qui composent le codage de l'activité et des tâches est représenté dans la Figure 2. Celui-ci est organisé en allant du niveau le plus *macro* (phase d'intervention) au niveau le plus *micro* (outils utilisés).

- **Outils utilisés**

Enfin, la troisième variable de cette dimension porte sur l'environnement matériel de l'ordonnancement. Cette variable permet de récolter des informations supplémentaires quant à l'utilisation des différents outils mis à disposition de l'ordonnanceur. Elle souligne l'intérêt et l'importance de prendre en compte l'interdépendance de l'activité individuelle avec l'environnement matériel ou social. Cette variable est codée en se focalisant sur le moyen matériel qui retient l'attention de l'opérateur au moment de la verbalisation (sauf dans le cas d'aucune utilisation matérielle). De plus, lorsqu'il y a l'utilisation de deux outils en parallèle (exemple : téléphone et carte géographique), l'outil codé est celui qui aide à la prise d'information ou à la prise de décision (la carte, dans le cas de notre exemple). Évidemment, ce codage n'est possible que lorsque les données se présentent sous forme de vidéo. Cela rejoint la préconisation faite précédemment, proscrivant un traitement porté uniquement sur les protocoles verbaux.

De même que les tâches, les principaux outils d'ordonnancement sont repérés dès la phase de l'analyse globale, pour faciliter ensuite le codage. Cependant, vouloir répertorier les outils de manière exhaustive n'aurait aucun sens. En effet, quel que soit le niveau de minutie de cette pré-analyse, l'activité réelle comprend toujours une part imprévisible. Les outils sollicités non listés initialement, seront intégrés pendant la phase de codage.

La variable « Outils » joue un rôle éminent dans le schème de codage. En effet, analyser cette variable permet d'apporter des éléments particulièrement précieux dans le cadre de considérations et de perspectives orientées vers les Interactions Homme-Machine (IHM).

Sur notre terrain d'étude, les outils les plus fréquemment utilisés par les exploitants ont été le téléphone, le logiciel informatique de géolocalisation, le planning mural, le planning papier, les cartes routières ou autres carnets d'archivage.

## 2.2 Codage de l'activité cognitive

Comprendre l'activité de l'ordonnanceur impose des méthodes qui permettent d'identifier la manière dont les processus cognitifs de l'opérateur sont mis en œuvre. Pour cela, il est nécessaire d'analyser les données selon un modèle-cadre de l'activité cognitive, afin d'éviter notamment tout effet de surreprésentation des processus recherchés (Wioland, 1997). Dans la continuité du modèle de Rasmussen (1986), Amalberti et Hoc (1998 ; Hoc & Amalberti, 1999) ont proposé une méthode permettant de distinguer trois classes d'activités élémentaires :

- Élaboration de l'information. Il s'agit de l'intégration des informations brutes dans la mémoire de travail, afin d'alimenter la représentation occurrente.
- Diagnostic. Ces activités correspondent à la compréhension de la situation par le sujet et à la catégorisation plus ou moins précise de l'évolution future de cette situation.
- Décision d'intervention. Il s'agit de l'ensemble des actions permettant de préparer, mettre en place et tester une action concrète d'intervention.

La méthode qui découle de ce modèle relève d'un codage de protocoles individuels (verbaux et non verbaux) et se fonde sur l'approche dite « prédicats-arguments ». Les prédicats désignent l'activité, ils sont au nombre de dix et regroupés dans les trois classes qui viennent d'être citées. Une définition brève de chaque prédicat est apportée par la figure 5. Les arguments stipulent les variables dont la valeur précise l'activité en cours (notamment, les contenus des représentations). Autrement dit, les variables apportent des précisions et permettent de caractériser chaque prédicat.

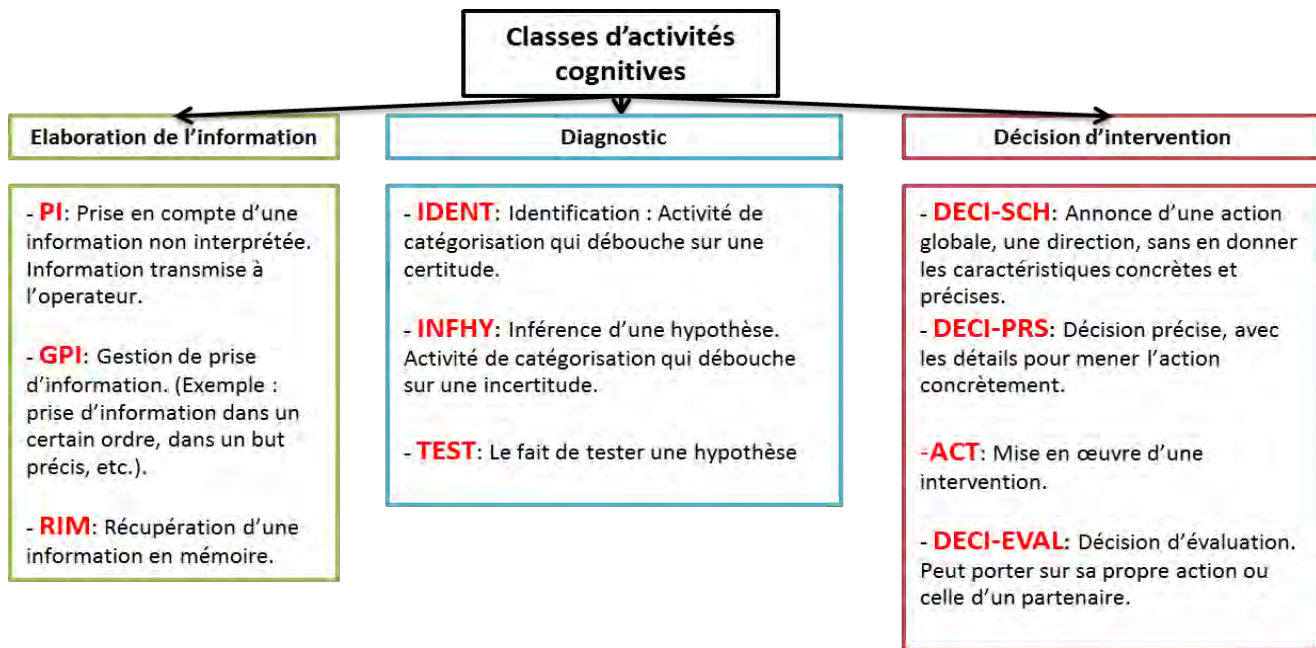


Figure 5. Classes de prédicats (Hoc & Amalberti, 1999)

Le choix de la nature et du nombre des arguments dépend directement des objectifs de l'expérimentateur. En effet, un trop grand nombre d'arguments rend l'application du codage extrêmement lourde ; et à l'inverse, un mauvais choix d'arguments ou leur absence peut bloquer l'accès à des informations essentielles.

Dans le cadre des objectifs de ce travail de thèse, nous avons fait le choix de caractériser l'ensemble des prédicats avec les arguments <Type-objet> et <But>. Le premier se réfère à la classe d'objet à laquelle l'activité mentale se réfère. Par exemple, l'ordonnement dans le transport routier présente des « types d'objets » tels que « conducteurs », « clients », « véhicules », etc. L'argument <But> permet de distinguer l'objectif qui a motivé une activité cognitive (prédicat). De plus, concernant les prédicats de la classe d'activité « Élaboration de l'information », nous avons opté pour deux arguments supplémentaires : <Variable> et <Source>. Le choix de ces deux arguments se justifie par une volonté d'approfondir la nature des activités d'élaboration d'information dans le cadre de la résolution du problème d'ordonnement. L'argument <Variable> met en exergue la dimension quantifiable sur laquelle porte une prise d'information. Elle peut suivre des modalités telles que « date », « tarifs » ou encore « position ». Quant à l'argument <Source>, elle permet d'observer la provenance des informations et de mieux appréhender les relations de l'ordonnancement avec son environnement humain et matériel.

À première lecture, le codage de l'activité cognitive, sous forme de prédicat-arguments, peut paraître quelque peu complexe. Il est alors nécessaire de présenter un exemple de codage, afin de rendre ce procédé plus clair.



L'énoncé suivant est extrait des verbalisations d'un ordonnanceur :

« Euh... (Réflexion) je vérifie... oui, j'ai Gaston qui sera indisponible encore deux jours ». L'application du codage sous forme de prédicat-arguments se présente alors de la manière suivante :

Prédicat (<Type-objet>, <But>, <Variable>, <Source>)

GPI (Ouvrier, Affectation des ressources, Durée, Planning mural)

Le tableau 11 apporte une représentation alternative à ce codage. Le lecteur pourra également se référer au texte original (Hoc & Amalberti, 1999), pour accéder à d'autres exemples concrets d'application du codage prédicat-arguments.

Tableau 11. Exemple de codage d'un énoncé sous le formalisme « prédicat-arguments ».

Énoncé	Prédicat	Type-objet	But	Variable	Source
<i>Euh... (Réflexion) je vérifie... oui, j'ai Gaston qui sera indisponible encore deux jours</i>	GPI	Ouvrier	Affectation des ressources	Durée	Planning mural

### 2.3 Codage de la gestion de l'incertitude

Le codage de la gestion de l'incertitude représente la troisième dimension du schème de codage global qui est proposé. Tout comme le codage sous forme de prédicat-arguments, basé sur les travaux d'Hoc et Amalberti (op. cit.), cette dernière dimension se réfère également à l'activité cognitive de l'opérateur. Cependant, ces deux dimensions se différencient selon deux points : si la dimension « codage de l'activité cognitive » se veut plus généraliste et traite de l'ensemble des processus cognitifs, cette dernière dimension est dédiée plus spécifiquement aux mécanismes mentaux intervenant dans la gestion de l'incertitude. De plus, les deux parties reposent sur des modèles théoriques différents, pour apporter une certaine complémentarité et une finesse d'analyse plus grande. Ce troisième niveau d'analyse repose ainsi sur une approche psycholinguistique.

À ce troisième niveau de codage, les protocoles sont soumis à une approche d'inspiration psycholinguistique où les marqueurs linguistiques témoignent de l'activité cognitive. À l'image de la méthode proposée par Chauvin (2000) dans l'analyse de l'activité des officiers de passerelle des navires, l'objectif est ici de déduire les représentations mentales à partir des productions langagières. Cette méthode se base notamment sur les théories développées en psycholinguistique par Culioli (1985 ; 1990), Caron-Pargue et Caron (1989 ; 2000). D'après ces auteurs, le temps employé, le mode utilisé, les interjections, les connecteurs ou les adverbes temporels sont autant d'indicateurs permettant l'accès aux processus cognitifs.

Néanmoins, superposer deux approches pour accéder à l'activité cognitive de l'ordonnanceur n'est pas un but en soi. Au contraire, ce pléonasme aurait comme seul effet une surcharge du travail de codage. Parmi la pléthore de marqueurs psycholinguistiques, il s'agit alors de sélectionner les plus pertinents, en fonction des questions de recherche. De fait, dans le cas de l'étude de la gestion de l'incertitude en ordonnancement, deux indicateurs psycholinguistiques ont été sélectionnés et intégrés au schème de codage.

Le premier marqueur est le connecteur « si », qui traduit la prise en compte d'une condition nécessaire à l'accomplissement de l'activité ou une hypothèse alternative, signifiant une situation d'incertitude (Caron-Pargue & Caron, 1989).

La seconde composante psycholinguistique correspond aux verbes épistémiques et aux adverbes modaux. En effet, lors d'une étude réalisée sur 58 sujets, Caron et Caron-Pargue (1991) ont démontré que les verbes épistémiques (*je sais que, je crois que, je suppose que, etc.*) autant que les adverbes modaux (*sûrement, probablement, assurément, etc.*), s'ordonnent selon le niveau de certitude qui leur est attribué. Les expressions et habitudes langagières étant propres à chacun, un questionnaire intégrant les principaux verbes épistémiques et adverbes modaux doit être soumis à l'ensemble des opérateurs dont les verbalisations ont été enregistrées (cf. figure 6). Dans ce questionnaire (échelle de Likert), il est demandé au sujet d'attribuer une note entre 1 et 10 à chaque terme, selon le niveau de certitude que ce terme exprime pour lui. Pour reprendre l'exemple présenté dans la figure 6, une note de 3 sur 10 a été attribuée à l'expression « je pense que » et à l'adverbe « peut-être », ce qui traduit une certaine incertitude. À l'inverse, « j'admets que » ou « évidemment » ont reçu une note de 8 sur 10, révélant une certitude très élevée. Ainsi, en se basant sur les résultats du questionnaire, une échelle de certitude peut être élaborée, puis intégrée dans la démarche de codage.

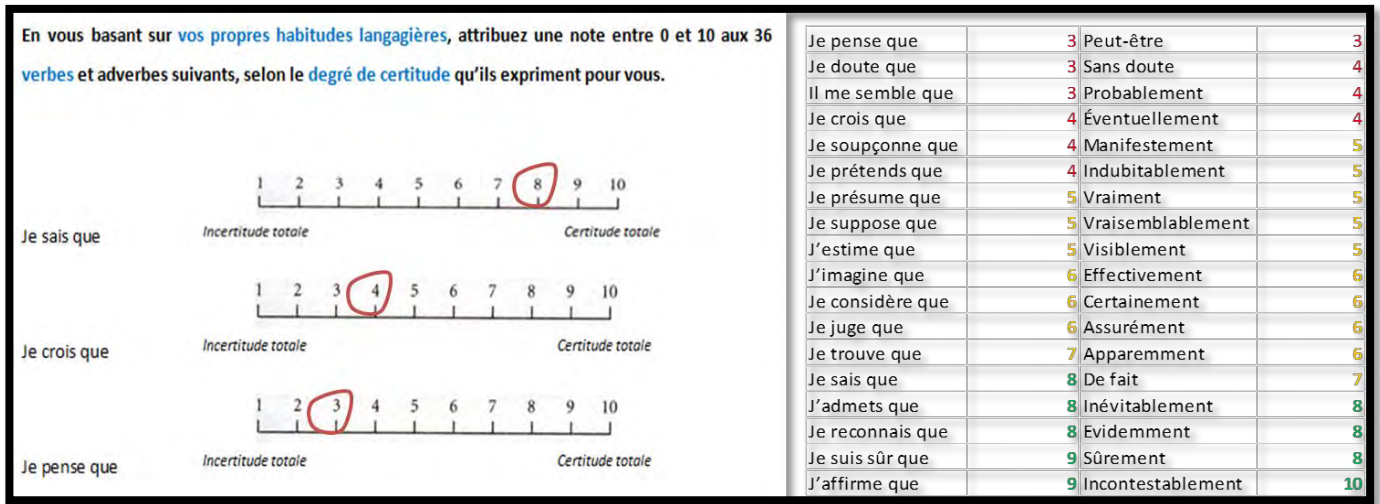


Figure 6. Élaboration d’une échelle d’incertitude personnalisée, à partir d’un questionnaire portant sur les verbes et adverbess modaux.

Nous venons donc de présenter une multitude de variables, regroupées en trois dimensions et formant un schème de codage global. Avant d’évoquer les aspects pratiques de l’application de ce schème de codage, il convient de donner un exemple récapitulatif mettant en exergue l’ensemble des variables des trois dimensions définies précédemment (cf. Figure 7). La variable « Nature des données » n’est pas une variable portant sur l’activité et n’appartient à aucune des dimensions définies. Son rôle se résume seulement à renseigner sur la provenance de l’énoncé selon le type de verbalisation (conversation téléphonique, réflexion à voix haute, explication à destination de l’expérimentateur, etc.).

Énoncés	Nature des données	Activité et tâches			Codage prédicat-argument					Marqueurs psycholinguistiques	
		Phases	Tâche	Outil	Prédicat	Type-objet	But	Variable	Source	Connecteur (Donc, Si, Mais)	Échelle certitude
<i>Je regarde s’il est disponible, pour le mettre peut-être sur le voyage de demain pour Serge. (collègue)</i>	Explication	Ordonnement	Organisation des tournées à venir	Planning mural	GPI	Conducteur	Répondre besoin collègue	Disponibilité	Planning mural	Si : Condition disponibilité	Peut-être : 3/10

Figure 7. Exemple de codage complet d’un protocole.

### 3. Application et interprétation du schème de codage

En observant la littérature en ergonomie cognitive, nous retrouvons d'autres travaux fondés également sur l'analyse des protocoles (par ex. : Cuvelier & Falzon, 2015). Cependant, nous constatons que ces travaux n'exposent que très peu les détails méthodologiques ; et il est souvent impossible d'assimiler les procédures concrètes d'application du codage. Les travaux de Hoc, Guerin et Mebarki sur la conception des emplois du temps (2014) illustrent assez bien cette difficulté. Cela constitue un frein au développement de ce type de méthode, dont le réel potentiel n'est que très partiellement exploité à l'heure actuelle. Pour faciliter la reproductibilité de la méthode dans d'autres contextes, il apparaît indispensable de proposer une explicitation détaillée de la méthode sous forme de « notice d'emploi », rendant accessibles son application et son interprétation dans le cadre de travaux futurs.

#### 3.1. L'avant-codage : phase de préparation

Une fois que les enregistrements des protocoles sont à disposition de l'expérimentateur, le codage est précédé par une phase de « préparation » des données. Il s'agit principalement de la sélection, de la retranscription et du découpage de l'ensemble des verbalisations.

##### 3.1.1 Sélection des données

L'enregistrement de l'activité de travail contient une multitude de productions verbales, qu'il faut trier. Ainsi, seules les verbalisations en lien avec les objectifs professionnels doivent être retranscrites. À titre d'exemple, les conversations téléphoniques privées ou encore les échanges de courtoisie ou de plaisanteries entre collègues, n'ont pas lieu d'être retenus dans le cadre d'un travail sur l'activité d'ordonnement.

##### 3.1.2 Retranscription des données

L'expérimentateur doit prendre des précautions pour retranscrire la séquence. Le respect de l'orthographe des mots et de la syntaxe des phrases ne doit pas être négligé, d'autant plus que le schème de codage contient des marqueurs psycholinguistiques. De plus, certains aspects de l'activité ne sont pas verbalisés et il appartient à l'expérimentateur de détecter ceux-ci et de les retranscrire d'une manière ou d'une autre. Exemple : (Réflexion).

##### 3.1.3 Découpage des données

Pour pouvoir traiter statistiquement les protocoles, il faut découper les retranscriptions brutes en unité réduites. Cette étape nécessite l'élaboration d'un certain nombre de règles, permettant d'uniformiser et de balayer toute part de subjectivité dans le découpage des données brutes.

L'ensemble des retranscriptions est divisé dans un premier temps en **épisodes**. Chaque épisode reflète une réflexion ou une conversation autour du même sujet. Par exemple, l'appel téléphonique à un chauffeur dans le but de transmettre une information ou la résolution d'un problème d'ordonnement en particulier, sont deux épisodes distincts. Dans un second temps, chaque épisode est découpé en **énoncés**. On considère qu'un énoncé ne peut être codé qu'avec la même combinaison de prédicat-argument. Ainsi, dès que le prédicat ou l'un des arguments ne correspond plus à la verbalisation, il est indispensable de marquer le changement d'énoncé par un « saut de ligne ».

Exemple tiré d'une situation d'ordonnement dans le transport :

Épisode : « *Je regarde qui est disponible pour le mettre peut-être sur le voyage de demain, parce qu'à mon avis il y a des chances que le client X revienne à la charge demain et me demande plusieurs chauffeurs* ».

Énoncé 1 : « Je regarde qui est disponible pour le mettre peut-être sur le voyage de demain »

Énoncé 2 : « parce qu'à mon avis il y a des chances que le client X revienne à la charge demain et me demande plusieurs chauffeurs ».

Cet épisode doit être divisé en deux énoncés, puisque « *Je regarde qui est disponible pour le mettre peut-être sur le voyage de demain* » est une activité de gestion de prise d'information (Prédicat : GPI) ; tandis que la seconde partie de la phrase, à savoir « *parce qu'à mon avis il y a des chances que le client X revienne à la charge demain et me demande plusieurs chauffeurs* » représente une activité de diagnostic, débouchant sur une incertitude (Prédicat : INFHY).

Le découpage des retranscriptions brutes sous forme d'énoncés revêt une importance particulière, puisque l'ensemble des trois dimensions de la méthode (activité et tâche, activité cognitive et marqueurs linguistiques) est codé à partir de ces énoncés.

### 3.2. Le codage : phase d'application

Une fois la totalité des énoncés constituée, le codage peut être exécuté. L'attribution d'une modalité du codage à un énoncé peut se réaliser de façon évidente dans certains cas, alors que dans d'autres cas, cette distinction sera beaucoup plus complexe. Dans ces situations, l'expérimentateur devra se référer au contexte général de la séquence analysée (exemple : un imprévu survenu la veille du jour de l'enregistrement) pour mieux appréhender les opérations les plus implicites. Afin de préserver la validité du codage et de son traitement statistique ultérieur, lorsqu'un énoncé ne peut pas être codé de façon exclusive et que le codeur n'est pas en mesure de

départager deux modalités (exemple : deux prédicats), il convient de ne pas coder l'énoncé pour cette variable.

L'application du codage de protocoles se réalise manuellement. Il existe certaines solutions informatiques telles que Microsoft Office Excel, Atlas.ti ou encore OpenSHAPA, mais celles-ci ne facilitent que la structuration du schème de codage et le traitement statistique des données. Le codage manuel représente une charge de travail extrêmement lourde pour l'expérimentateur. Selon le type de codage, le ratio « temps d'analyse/temps de séquence » se situe entre 5 et 100 (Ericsson & Simon, 1993). Cet indicateur révèle l'investissement considérable exigé par le codage de protocoles, expliquant en partie le développement au ralenti de ce type de démarches, malgré tous leurs apports connus et reconnus. L'automatisation, même partielle, de l'analyse de l'activité basée sur le codage des protocoles serait un propulseur incommensurable dans l'exploitation de ce type de méthode.

### **3.3. L'après-codage : phase d'interprétation**

Les résultats issus du schème de codage apparaissent principalement sous la forme de fréquences de distribution. Des fréquences qui traduisent le poids des différentes modalités, comme les prédicats ou les arguments. Cependant, l'analyste devra garder à l'esprit que ces fréquences sont relatives et qu'un résultat ne peut être interprété sans la prise en compte de la distribution totale. De plus, il convient de prendre certaines précautions avec l'interprétation de ce type de codage. Les généralisations hâtives sont ainsi à proscrire car l'interprétation doit se baser systématiquement sur les spécificités du domaine et du contexte de l'étude. Les comparaisons inter-situationnelles doivent s'appuyer sur une structure commune, constituée d'éléments préalablement identifiés (cf. chapitre 1).

Lorsque ces différentes conditions d'interprétation sont réunies, l'analyste est en mesure d'appréhender et d'utiliser les résultats en se rapportant au cadre théorique du schème de codage. À titre d'exemple, d'après Hoc et Amalberti (1999), le niveau de récurrence du prédicat « Rappel d' Information en Mémoire » (RIM) peut être considéré comme un reflet de la charge en mémoire de travail. Une récurrence importante de ce prédicat pourrait alors traduire un coût mental élevé, expliquant certaines difficultés ressenties par l'opérateur. De même, le rapport entre les prédicats « Identification certaine » (IDENT) et « Identification débouchant sur une hypothèse » (INFHY) peut être considéré comme un indicateur de l'incertitude. Ainsi, dans une situation où les activités de diagnostic débouchent systématiquement sur l'inférence d'une hypothèse, on peut penser que l'opérateur doit faire face à un contexte relativement incertain, ou bien que celui-ci ne dispose pas de suffisamment de moyens pour réaliser une détection plus précise.

## 4. Conclusion du chapitre méthodologique

Ce chapitre méthodologique a été consacré à la description d'une méthode d'analyse de l'activité, basée sur le traitement des protocoles à travers un schème de codage pluridimensionnel. Cette description a été couplée avec la présentation d'un mode d'emploi opératoire, récapitulant l'ensemble des procédures nécessaires à sa mise en œuvre. Si nous faisons un rapprochement entre une démarche méthodologique et l'industrie automobile, l'outil méthodologique est un « moyen » d'analyser l'activité, au même titre que la voiture est un « moyen » de transport. Or, la construction d'une automobile et la rédaction du « manuel d'utilisation » ne suffisent pas à sa commercialisation. En effet, avant qu'un véhicule ne soit mis en circulation, celui-ci est soumis à de nombreuses heures d'essai en laboratoire et en circuit.

De la même manière, un outil méthodologique ne peut être exploité en conditions réelles, sans avoir été validé auparavant. Concernant la méthode d'analyse présentée et compte tenu des objectifs affichés, cette validation doit répondre à deux interrogations : la méthode conçue est-elle valable<sup>6</sup> et réaliste<sup>7</sup> ? Est-elle reproductible ?

### 4.1. Validité d'application

Afin d'évaluer sa pertinence et pour vérifier la faisabilité de son application en condition naturelle, la méthode d'analyse proposée a été testée dans le cadre d'une étude de pré-validation. Cette étude portait sur une demi-journée (3 heures) d'activité d'un opérateur chargé d'ordonner les tournées dans le secteur du transport routier de marchandises. Le protocole retranscrit a été découpé en 300 énoncés, pour procéder au codage à travers le schème conçu. Cette étude a permis de valider l'outil d'analyse, tout en apportant des ajustements optimisant sa pertinence et son application. La version finale de la méthode, présentée dans ce chapitre, résulte de cette application en situation réelle, et de l'ensemble des feedbacks qui ont émergé. Cette étude préliminaire avait pour seul but d'évaluer et de perfectionner l'outil méthodologique. Ainsi, les résultats issus de cette étude n'ont en aucun cas été conservés et analysés dans le cadre des questionnements de recherche.

### 4.2. Validité de reproduction

Parmi les principales difficultés reconnues dans l'analyse des protocoles figure la subjectivité des inférences de l'analyste, qui peut altérer la phase de codage (Sanderson & Fisher, 1994). Quel serait le poids des contributions scientifiques si la nature des résultats variait au gré des changements d'expérimentateurs ?

---

<sup>6</sup> Validité relative aux apports scientifiques escomptés.

<sup>7</sup> Réalisme relatif à son application dans une démarche de recherche empirique.

Pour évaluer l'impact de ce biais potentiel, la solution consiste à faire coder une partie des données par un second analyste. Ainsi en comparant les résultats, il devient possible de révéler le niveau de reproductibilité de la méthode, indépendamment du profil et des convictions propres au chercheur ou à l'ergonome de terrain. Pour ce faire, dans le cadre de la première étude empirique menée dans le domaine du transport routier de marchandises, exposée au cours du chapitre 4, une partie des données a été recodée en parallèle par un second « juge ». Plus précisément, sur 40 heures d'activité enregistrée, 40% des données – soit 16 heures d'enregistrement vidéo – ont fait l'objet d'un double codage. Le **score de correspondance inter-juge** portant sur l'ensemble des variables du schème de codage, est de **83,3%**, un score qui nous permet d'accréditer la méthode conçue d'un niveau de reproductibilité tout à fait satisfaisant.

Si chronophage soit-elle, cette démarche de double codage permet d'apporter une légitimité supplémentaire aux résultats qui seront présentés par la suite. De plus, le score obtenu permet d'envisager de réelles perspectives d'application dans des contextes différents, ce qui correspond précisément à une volonté exprimée en préambule de ce chapitre.

La conception et la validation de l'outil méthodologique représentent les conditions *sine qua non* du déroulement de la démarche de recherche scientifique. Ces conditions étant réunies, il devient possible d'amorcer les études empiriques, qui ouvrent les voies d'accès vers les réponses aux questions de recherche.





# Chapitre 3

## Analyse exploratoire des processus cognitifs mis en jeu dans l'ordonnancement : le cas du transport routier de marchandises

---

Ce chapitre 3, premier chapitre empirique, vise à comprendre les processus cognitifs sous-jacents à l'activité d'ordonnancement en environnement incertain. Plus précisément, nous tenterons d'élucider la nature des activités cognitives mises en jeu et leur articulation dans la dynamique du processus d'ordonnancement. Le choix du terrain d'étude repose sur deux considérations majeures : l'une scientifique, l'autre stratégique. La considération scientifique correspond aux caractéristiques du terrain, qui doivent être en cohérence avec les objectifs des travaux. Ainsi, le problème d'ordonnancement et la dimension d'incertitude doivent se situer au cœur du terrain d'étude retenu puisqu'ils sont des caractéristiques essentielles. Bien que dans l'absolu, ce choix puisse être restreint aux seuls critères scientifiques, il est d'autant plus judicieux de l'allier avec une dimension stratégique. Il s'agit par exemple, de viser un secteur d'activité important ou un domaine peu étudié jusqu'à présent.

En tenant compte de cette double considération, c'est le secteur du **Transport Routier de Marchandises** (TRM) que nous avons retenu comme premier terrain d'étude. Plus précisément, c'est l'activité de **l'exploitant transport**, opérateur en charge d'organiser les tournées de transport, qui sera placé au centre de notre démarche d'analyse.

Dans ce chapitre, nous allons tout d'abord présenter le domaine du TRM, en mettant notamment l'accent sur le rôle charnière de l'ordonnancement et l'omniprésence de la dimension d'incertitude au sein de ce secteur. À la suite de ce prélude général, ce sont les caractéristiques du terrain, l'échantillon et la procédure expérimentale qui seront exposés. Enfin, les parties suivantes seront consacrées aux résultats, traitant les processus cognitifs mis en jeu au cours des activités d'ordonnancement.

## 1. Introduction

Dans un contexte général de mondialisation et de libre circulation des biens, le transport routier de marchandises (TRM) se présente comme un maillon important de l'économie nationale et mondiale (Tatineni & Demetsky, 2005). Au même titre que de nombreux autres secteurs d'activité, le TRM doit faire face à un climat socio-économique morose. Des prix de carburant en hausse, une demande fluctuante, des politiques de production et de distribution basées sur le juste-à-temps, une forte concurrence intermodale et étrangère et une législation rigide : ce sont autant d'éléments qui participent à la réduction des marges de manœuvre dans cette branche d'activité. Un contexte qui se conjugue avec l'émergence de nouveaux moyens technologiques, tels que la gestion des flottes de transport par géolocalisation ou le suivi du trafic en temps réel, qui impliquent une reconsidération systémique du transport routier de marchandises.

Entre la direction qui dicte la politique générale et les chauffeurs livreurs, derniers maillons de la chaîne de distribution, il y a l'exploitant en transport qui endosse un rôle intermédiaire primordial du fait de sa position stratégique. En effet, celui-ci se situe au carrefour des échanges entre la direction, les conducteurs routiers, les partenaires et les clients. Son activité s'articule principalement autour de l'organisation, de l'ordonnancement et du suivi des tournées de transport. Ainsi, l'exploitant a la charge de choisir le véhicule selon la nature de la marchandise, d'organiser les plannings des conducteurs et de fixer leurs heures de départ et d'arrivée. Il fixe également les fenêtres temporelles des livraisons et l'ordre des passages quand plusieurs destinataires effectuent la même tournée. Tout au long d'un transport, l'exploitant endosse plutôt un rôle de superviseur en restant en permanence en contact avec les conducteurs pour leur dispenser du soutien ou de nouvelles consignes, tout en assurant le suivi de commande auprès des clients et en gérant tous types d'imprévus. Cette dernière dimension apparaît d'autant plus fondamentale que l'environnement du transport est dynamique, puisque soumis à de nombreuses évolutions non contrôlées par l'exploitant : accidents, pannes, conditions météorologiques, etc. (Amalberti & Hoc, 1998).

La littérature des travaux sur l'ordonnancement dans le TRM présente une forte hétérogénéité tant dans les disciplines que les sous-thématiques. Ainsi, très peu de travaux font référence aux processus cognitifs permettant aux exploitants d'élaborer les plans de transport. À l'inverse, le problème d'ordonnancement a fait l'objet de nombreux travaux en Recherche Opérationnelle, qui visent à faciliter et optimiser l'activité de l'ordonnancement, avec une approche mathématique de la prise de décision. Ces travaux se sont principalement intéressés à deux classes de problèmes : le problème de transport (*Transportation Problem*) et le problème des tournées de véhicules (*Vehicle Routing Problem*) (Gacias, 2010).

### - Problème de transport

Le problème de transport ou *Transportation Problem* (TP) a été pour la première fois évoqué par Hitchcock (1941). Celui-ci consiste à minimiser le coût total d'un plan d'expédition (Diagne & Gningue, 2011). Connaissant le coût de transport d'une unité de marchandise, il s'agit de trouver la solution idéale pour acheminer celle-ci depuis le point d'origine (producteur, distributeur, etc.) jusqu'à la destination (clients, dépôts, etc.). Les variables à prendre en compte pour résoudre ce problème sont les suivantes : le nombre de points d'origine, le nombre de destinations et la quantité de marchandises.

Nous pouvons constater que le TP de base, tel qu'il a été proposé par Hitchcock (op. cit.), n'intègre aucune contrainte particulière. Dès lors, il ne reflète pas totalement la réalité du terrain. C'est pourquoi depuis le problème initial, des extensions ont été proposées, avec de nouvelles situations et contraintes prises en compte. Parmi les variantes les plus répandues, nous pouvons citer le problème de transport avec un coût fixe (FCTP) (Hirsch & Danzig, 1954 ; 1968 ; Adlakha & Kowalski, 2003) ou le problème de transport avec une contrainte de capacité (CTP) (Kassay, 1981 ; Rachev & Olkin, 1999 ; Dahiya & Verma, 2007).

### - Problème des tournées de véhicules

La seconde catégorie de problèmes largement étudiée en Recherche Opérationnelle dans les dernières décennies, concerne le problème des tournées de véhicules ou *Vehicle Routing Problem* (VRP). Ce problème a été introduit par Dantzig et Ramser en 1959, dans la continuité des travaux de Menger sur le *Travelling Salesman Problem* (TSP) dans les années 30. Le VRP consiste en la conception d'un ensemble de tournées d'une flotte de véhicules, partant et revenant d'un même point d'origine (dépôt) en passant par l'ensemble des destinations prédéfinies (Baniel, 2009). La Figure 8 illustre le VRP de base.

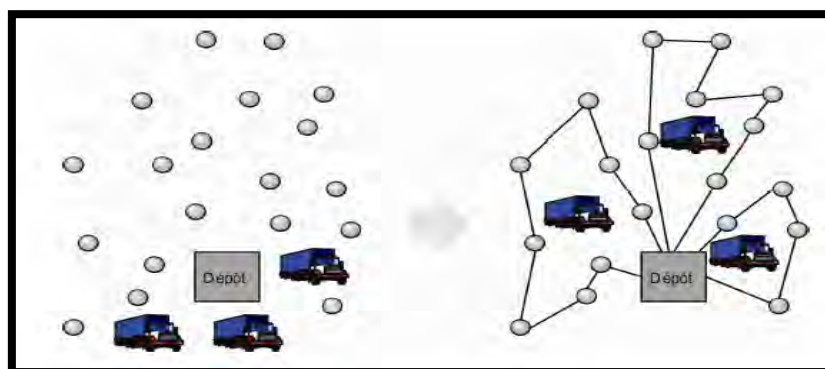


Figure 8. Schématisation du VRP.

Tout comme le problème de transport (TP), le VRP a été largement développé à travers de nombreuses extensions.

Parmi les variantes les plus connues, nous pouvons tout d'abord citer le problème des tournées de véhicules avec contrainte de capacité ou *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP). Ce problème intègre la capacité limitée des véhicules dans la détermination des itinéraires de livraison (Fisher & Jaikumar, 1978 ; 1981) ; et il stipule que le poids total des marchandises destinées à l'ensemble des clients ne doit pas dépasser la capacité maximale du véhicule (Laporte, Nohet & Desrochers, 1985). Les lecteurs pourront se référer à l'état de l'art de Toth et Vigo (2002), récapitulant les différents algorithmes de résolution du CVRP.

Une autre extension du VRP largement évoquée dans la littérature est le problème des tournées de véhicules avec fenêtres de temps, ou *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW). En effet, dans la pratique, la date et l'horaire de livraison des clients ne peuvent être aléatoires, et c'est en partant de ce constat que Salomon (1987) a introduit le VRPTW. L'exploitant doit respecter un intervalle de temps durant lequel le produit doit arriver à destination. Si le véhicule arrive en avance, il doit patienter jusqu'à l'horaire du début de l'intervalle temporel. À l'inverse, s'il arrive plus tard que la fenêtre de temps prévu, cela engendrera une insatisfaction, voire un refus de la marchandise ou du service de la part du client. Un horaire de passage non respecté est donc synonyme de perte financière directe (pénalités, produit ou service à renouveler) ou indirecte (temps d'attente, baisse de la qualité de service, etc.). Une comparaison des différents algorithmes permettant de résoudre le VRPTW a été présentée par Yu, Yang et Yao (2010).

D'autres extensions du VRP peuvent être citées : Le problème des tournées de véhicules avec contraintes de distance (ou *distance-constraint VRP*), le problème des tournées de véhicules avec flotte hétérogène ou HFVRP (*heterogeneous fleet VRP*), ou encore le problème des tournées de véhicules avec dépôts multiples (MDVRP). De nombreuses autres extensions ont été également évoquées dans la littérature. Celles-ci ont été répertoriées à travers une taxonomie complète proposée par Eksioglu, Vural et Reisman (2009).

Les travaux portant sur le TP et le VRP ont permis d'élaborer des algorithmes destinés à des outils d'ordonnancement. Si ces solutions mathématiques peuvent s'avérer très efficaces dans la prise en compte d'un grand nombre de contraintes, l'automatisation totale n'est pas envisageable dans l'ordonnancement (Lenior et al., 2006), où l'intervention de l'agent humain reste indispensable. La présence de l'opérateur est rendue notamment essentielle par l'anticipation des différentes variations possibles dans l'élaboration d'un plan et l'adaptation du plan initial au cours de son exécution (Nakamura & Salvendy, 1994).

Si l'anticipation s'avère aussi importante pour l'ordonnancement dans le TRM, cela s'explique par la dimension de l'incertitude, omniprésente dans ce domaine. En effet, l'environnement du TRM

est affecté par les deux types d'incertitude définis par Cegarra (2004) : l'incertitude sur les informations données et l'incertitude associée à l'état futur de la situation.

L'incertitude sur les informations concerne les données sur lesquelles l'ordonnanceur se base pour élaborer un plan. Selon la source d'une information, celle-ci peut-être plus ou moins précise. La quantité de marchandise annoncée par un client peut n'être en réalité qu'une simple estimation. Une estimation qui peut s'avérer inexacte, si par exemple le client n'a pas une grande connaissance du produit qu'il souhaite faire livrer. Le second type d'incertitude concerne l'état futur de la situation. Celui-ci émane du caractère dynamique du TRM et il est également lié à l'instabilité du processus et à la survenue d'aléas. Par exemple, si l'exploitant peut anticiper des ralentissements de trafic à l'approche d'une grande ville aux heures de pointe, celui-ci aura davantage de difficulté à prédire un accident bloquant complètement la circulation.

La prise en compte de la dimension de l'incertitude se traduit par l'émergence plus récente d'extensions du TP et du VRP. Concernant le TP, nous pouvons citer notamment le problème de transport flou, *fuzzy transport problem* (FTP). Dans la continuité de l'application de la logique floue de Zadeh (1965), il s'agit de considérer les variables de base – telles que la demande ou la disponibilité – comme des variables « floues » et de leur attribuer un intervalle, plutôt que des valeurs précises (Chanas, Delgado & Vila, 1993 ; Chanas & Kuchta, 1996 ; Chiang, 2005).

Dans le problème des tournées de véhicules (VRP), la gestion de l'incertitude a été évoquée à travers une extension dite « stochastique » (SVRP). En effet, le SVRP consiste à résoudre le problème des tournées de véhicules alors qu'au départ, une ou plusieurs informations ne sont pas disponibles. Les précisions manquantes peuvent correspondre à trois types de données (Laporte et al., 1998) : la présence ou non du client (VRPSC), le temps de déplacement (VRPSTT) et la demande du client (VRPSD).

Bien que ces extensions facilitent l'adaptation des algorithmes aux situations réelles (Gupta & Kumar, 2011), l'intervention de l'agent humain demeure en réalité incontournable. Au-delà de ses capacités anticipatives, l'opérateur remplit également une fonction adaptative qui se traduit par des interventions de **réordonnancement**. Le réordonnancement peut être défini comme un processus de mise à jour d'un ordonnancement élaboré au préalable, en réponse à des perturbations ou d'autres changements (Vieira, Hermann & Linn, 2003). Le réordonnancement vise à gérer les imprévus et l'incertitude, en modifiant le plan de départ dès lors que des informations plus fiables et (ou) plus précises sont obtenues. Enfin, le réordonnancement a également été évoqué dans la littérature comme une activité de « correction » réalisée par l'humain, face à un système d'ordonnancement automatique (Raheja & Subramanian, 2002). Une

vision qui ne correspond pas réellement à l'approche ergonomique dans laquelle nous nous situons, positionnant l'opérateur au cœur du système de décision.

Cette introduction générale de l'activité d'ordonnancement dans le transport routier de marchandises met en exergue trois enseignements majeurs : l'importance de l'ordonnancement dans le TRM, l'omniprésence de la dimension de l'incertitude et le rôle majeur de l'opérateur humain, c'est-à-dire l'exploitant transport. Un domaine que nous pourrions alors qualifier d'idéal pour y mener notre démarche exploratoire, visant à détecter les processus cognitifs mis en jeu dans les activités d'ordonnancement en situation incertaine.

## 2. Présentation du terrain d'étude

La démarche d'analyse a été déployée au sein du **Groupe M<sup>8</sup>**, entreprise de transport de taille moyenne (de 50 à 100 véhicules) implantée dans le sud-ouest de la France. Ce groupe est composé de deux entités distinctes, le Transport BTP (T-BTP) et le Transport AGRI (T-AGRI), regroupées au sein d'un même site géographique. Les résultats proposés ultérieurement porteront sur l'analyse de l'ensemble de la structure. Cependant, dans notre présentation du terrain d'étude nous veillerons à exposer les principales spécificités de chaque entité, afin de disposer d'un maximum d'éléments dans la démarche d'interprétation des résultats.

En se basant sur l'étape d'analyse globale, la présentation du Groupe M et des deux entités constitutives peut s'articuler autour de quatre dimensions : le type d'activité, la taille de la flotte et les zones géographiques desservies, le type d'ordonnancement et les outils d'ordonnancement.

- **Type d'activité**

D'une manière générale, l'activité du Groupe M peut être déclinée en deux sous-catégories : le transport de matière à destination du secteur Bâtiment et Travaux Publics (BTP), assuré par T-BTP, et un service de transport plus spécifique sous forme de plateaux ou convois exceptionnels, visant principalement le secteur agricole. Ce second volet d'activité étant porté par T-AGRI.

Au sein du T-BTP, la quasi-totalité des clients sont des clients réguliers (plus de 90%). Le parc de véhicules est constitué exclusivement de bennes et de citernes. De plus, l'entité propose également des locations d'engins de travaux (pelles mécaniques, sauteuses, Bulls Trax, etc.). Bien qu'il existe

---

<sup>8</sup> Afin de préserver l'anonymat des structures étudiées, les noms des entreprises ou des personnes ont été modifiés.

également des clients réguliers à T-AGRI, la part de ces derniers est nettement inférieure à celle de T-BTP (moins de 50%).

Le type d'activité est un facteur qui conditionne directement l'ordonnancement. Par exemple, le transport en plateau induit les notions de lot complet (une seule destination) ou de lots partiels (destinations multiples), alors que cette problématique n'existe pas dans le cadre d'un transport en benne ou en citerne. D'autre part, les convois exceptionnels requièrent la prise en compte de conditions supplémentaires par rapport aux convois classiques (trajet selon hauteur et tonnage des ponts, etc.). Enfin, l'affectation d'un véhicule entre un point de retrait et une seule destination (type navette) n'exige pas les mêmes compétences mentales que la construction soignée d'une tournée avec des points de retrait et de livraison multiples et inhabituels.

- **Taille de la flotte et secteur géographique**

Le Groupe M dispose d'une flotte d'une soixantaine de véhicules. Le T-BTP possède 48 véhicules, tandis que 17 camions sont affectés à l'entité T-AGRI. Chaque entité est gérée par un exploitant chargé d'ordonnancement, d'optimisation et d'exploitation du parc de véhicules et des conducteurs salariés.

De même, le secteur géographique d'intervention n'est pas le même pour les deux structures. T-BTP propose ses services sur une zone géographique correspondant au grand sud-ouest, alors que l'activité du T-AGRI s'étend sur l'ensemble du territoire national et les pays du Benelux.

- **Type d'ordonnancement**

Selon ses propres dires, l'exploitant T-BTP doit faire face à un environnement « très dynamique ». En effet, il travaille majoritairement avec des clients réguliers, dont les besoins et les demandes sont très variables d'un jour à l'autre. De plus, les clients indiquent leurs besoins très tardivement, pour le jour J ou J+1. Cela réduit considérablement la marge de manœuvre de l'exploitant, astreint à un effort conséquent d'adaptation.

Chez T-AGRI, la fenêtre temporelle d'ordonnancement est plus grande, puisque l'exploitant dispose de deux demi-journées par semaine (jeudi après-midi et vendredi) pour réaliser la quasi-totalité des tournées de la semaine suivante. Une construction de tournée qui comprend aussi les trajets retour, dont l'objectif est d'éviter à tout prix de rentrer à vide. Cela correspond à un ordonnancement pour J+3 à J+7.

Bien que de nombreuses interactions entre les exploitants ou avec le secrétariat et la hiérarchie de l'entreprise puissent être observées, l'activité d'ordonnancement demeure une mission principalement individuelle.



- **Outils d'ordonnancement**

Les plannings sur papier, les bons de commande, les cartes murales, l'annuaire téléphonique, le tableau de passage des véhicules pour contrôle au Service des Mines ou encore la carte du réseau routier autorisé aux véhicules poids lourds (avec indication des hauteurs de tunnels et du tonnage des ponts) sont autant d'outils de travail que les exploitants des deux entités ont à leur disposition. Cependant, il existe également quelques différences dans l'environnement matériel ; la plus notable concernant les outils informatiques d'aide à la prise de décision, qui ne sont pas tout à fait identiques dans les deux structures.

Aussi bien chez T-BTP que chez T-AGRI, on observe un planning mural très sollicité pour la construction et la représentation des tournées. À T-BTP, c'est un panneau représentant l'ensemble des ressources (conducteurs, véhicules, matériels) ainsi que l'ensemble des clients réguliers pour qui les ressources sont affectées (Figure 9). À l'aide de différents types d'étiquettes papier, l'exploitant met à jour l'état des ressources affectées pour le jour même ou le lendemain. La représentation graphique ne va pas au-delà de 24h.



Figure 9. Panneaux des affectations, T-BTP.

L'exploitant de T-AGRI dispose d'un planning mural sous forme de Gantt. On retrouve, disposées en colonne, l'ensemble des ressources (conducteurs) ; et en ligne, les différents jours de la semaine. Ce support est adapté au type d'ordonnancement de T-AGRI, puisqu'il permet d'y représenter des tournées à horizon temporel J+7 sans client « régulier » (Figure 10).



Figure 10. Planning mural, T-AGRI.

Les plannings muraux permettent aux exploitants de se représenter la répartition des ressources à un instant T, et de programmer de manière efficace les tournées à venir. De plus, avec une visibilité nettement supérieure à celle du format informatique et du format papier, le support mural facilite les échanges dans le cadre de réflexions collectives entre les personnes physiquement présentes dans la salle d'exploitation.

Les deux entités sont dotées de solutions informatiques qui s'appuient sur les nouvelles technologies. À T-AGRI, il s'agit du logiciel Transcis, solution dite « complète » et largement connue dans le domaine du TRM. Celui-ci offre des fonctionnalités de géolocalisation en temps réel des véhicules, un accès à l'ensemble des données sociales des conducteurs, une communication avec les conducteurs et un partage direct des documents comme les bons de commande. L'exploitant de T-BTP ne possède qu'une solution partielle : Eurotoll. Il s'agit d'un logiciel qui permet uniquement de visualiser, en temps réel, les véhicules en cours de tournée.

### 3. Dispositif de l'étude

#### 3.1. Procédure et matériel

Le dispositif et la procédure expérimentale déployés au sein du Groupe M reposent sur les préconisations méthodologiques apportées au chapitre 2. Ainsi, le recueil de données s'est effectué sous forme d'enregistrement vidéo et audio. Les caméras ont été placées pour observer l'exploitant devant son poste de travail (Figure 11). La vue arrière a été privilégiée pour favoriser la visibilité de l'écran d'ordinateur et faciliter notamment la détection de certaines prises d'information. Les phases d'ordonnancement au planning mural ont également été enregistrées par une rotation de la caméra effectuée par l'expérimentateur. De plus, les exploitants ont été équipés de micros-cravates, afin d'optimiser la prise de son lors des déplacements les éloignant de la caméra.

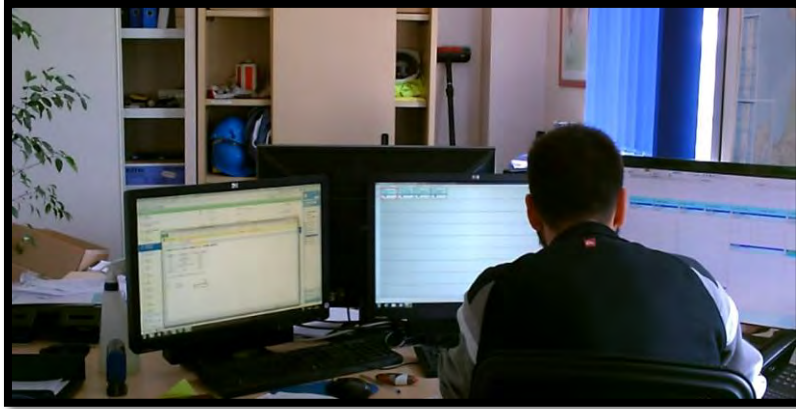


Figure 11. Enregistrement de l'activité de l'exploitant au sein de son poste de travail.

### 3.2. Consignes

Les exploitants avaient pour consigne de verbaliser au maximum leurs réflexions, lorsque cela était possible, pour garder des « traces » de leurs raisonnements. Hormis cette consigne, les exploitants devaient procéder exactement comme d'habitude, en s'abstrayant totalement de la présence de l'expérimentateur et du dispositif d'enregistrement.

### 3.3. Échantillon

Le recueil des données au sein de l'entreprise M s'est déroulé sur 5 demi-journées. Ce sont en tout 40 heures d'enregistrements vidéo qui ont été traitées, soit 20 heures de protocole par entité. Conformément à la méthode d'analyse d'activité basée sur le schème de codage, après la retranscription des données, celles-ci ont été découpées sous forme d'énoncés. Les résultats à présenter portent donc sur un échantillon de 800 énoncés. Cela représente en moyenne 80 énoncés par demi-journée, avec une variation située entre 77 et 86, ce qui démontre une stabilité certaine entre le nombre d'énoncés et la durée effective d'activité.

La présentation des résultats obtenus par l'application de la méthode de codage des protocoles s'effectuera en deux parties. Dans un premier temps, des données descriptives seront exposées. Couplées avec les enseignements issus de la phase d'analyse stratégique, ces éléments nous permettront de dresser un tableau descriptif précis de la situation d'ordonnancement au sein du Groupe M. Ce portrait sera basé sur le formalisme de la typologie présentée au Chapitre 1.

Une fois la situation d'ordonnancement finement décrite, nous nous intéresserons aux résultats se référant directement à l'objectif de la démarche d'analyse exploratoire, à savoir la détection des processus cognitifs mis en jeu au cours de l'ordonnancement, dans un environnement incertain.

Par ailleurs, afin de simplifier la lecture des résultats, chaque graphique sera accompagné de la figure 12, récapitulant les trois dimensions et les différentes variables du schème de codage. La

(ou les) variable(s) à l'origine de chaque graphique seront ainsi systématiquement précisées, dans le but de mieux appréhender la provenance des résultats.

Codage des tâches			Codage de l'activité cognitive (prédicat-arguments)					Codage de la gestion de l'incertitude (psycholinguistique)	
Phase	Tâche	Outil	Prédicat	Type-objet	But	Variable	Source	Connecteur (Donc, Si, Mais)	Échelle certitude

Figure 12. Tableau récapitulatif des trois dimensions du schème de codage.

## 4. Résultats descriptifs

L'apport de résultats descriptifs sur l'activité de l'exploitant est en réalité motivé par un double objectif. Assurément, comme cela a été évoqué précédemment, il s'agit tout d'abord de décrire le plus finement possible les caractéristiques d'une situation d'ordonnancement, dans le but d'étudier avec précision les mécanismes cognitifs qui y sont sous-jacents.

Le second objectif consiste à allier les aspects pratiques et méthodologiques. En effet, il s'agit de donner un aperçu de résultats accessibles à travers la méthode de codage de protocoles, en comparaison avec les méthodes plus traditionnelles d'analyse de l'activité (observations, entretiens, etc.).

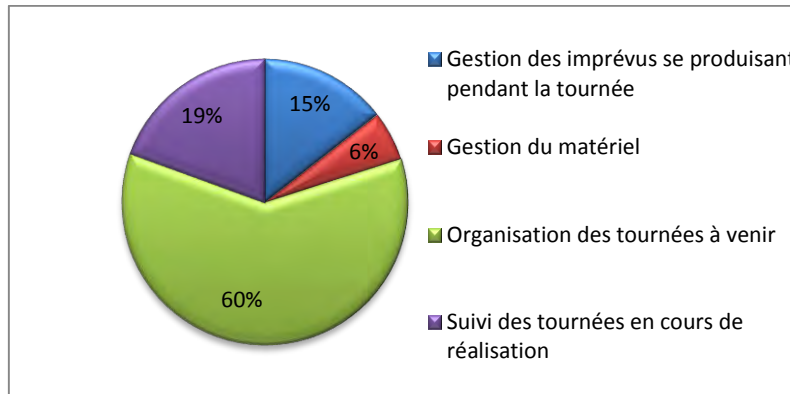
Notre méthode de codage réunit un nombre important de variables, ce qui rend les possibilités de croisement conséquentes. Il ne s'agit donc pas de dresser une liste exhaustive de l'ensemble des résultats possibles. Ainsi, l'accent sera davantage mis sur quelques dimensions importantes au regard des objectifs de l'étude, comme la répartition des tâches, l'environnement humain et matériel, les composantes et contraintes de l'ordonnancement ainsi que les sources d'incertitude.

### 4.1. Répartition des tâches

Au cours de l'étape d'analyse globale et stratégique, préalable à la phase de recueil et de codage, quatre tâches principales ont été identifiées dans l'entreprise M : l'organisation des tournées à venir, le suivi des tournées en cours de réalisation, la gestion des imprévus correspondant à une intervention quand l'ordonnancement initial ne peut plus être assuré, et enfin, la gestion du matériel. Cette dernière tâche, propre au terrain d'étude, concerne une activité annexe de l'entité T-BTP qui consiste à louer du matériel spécifique aux clients.

La Figure 13 met en exergue la répartition générale de l'activité de l'exploitant au sein de l'entreprise. Nous constatons que la tâche dite « organisation des tournées à venir » représente

nettement la tâche la plus récurrente dans l'activité de l'exploitant (60%). À l'inverse, la « gestion du matériel », tâche spécifique de l'établissement T-BTP, reste très occasionnelle (6%).

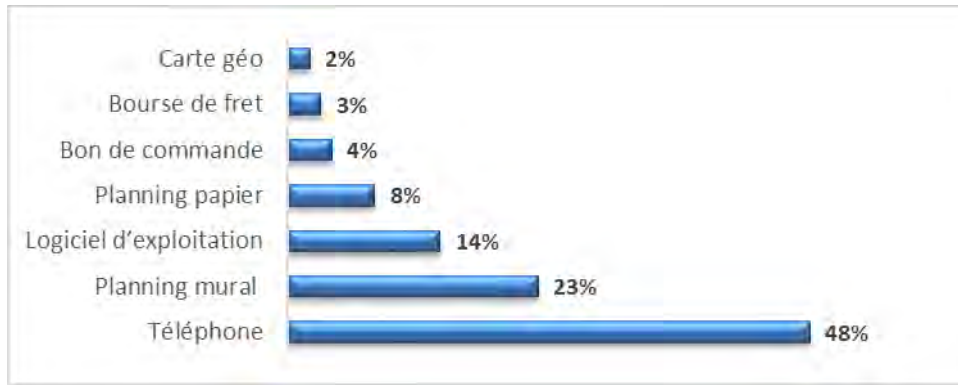


Codage des tâches			Codage de l'activité cognitive (prédicat-arguments)					Codage de la gestion de l'incertitude (psycholinguistique)	
Phase	Tâche	Outil	Prédicat	Type-objet	But	Variable	Source	Connecteur (Donc, Si, Mais)	Échelle certitude

Figure 13. Répartition des tâches de l'exploitant, basée sur la fréquence des énoncés.

#### 4.2. Environnement humain et matériel de l'exploitant

L'accomplissement des différentes tâches ne peut se réaliser sans les supports humains et matériels qui forment l'environnement de travail de l'exploitant. La figure 14 récapitule les principaux outils répertoriés dans le Groupe M, avec leurs pourcentages de fréquence d'utilisation. Nous constatons que le téléphone est l'outil le plus utilisé par l'exploitant (48%). De plus, le planning mural et dans une moindre mesure le planning papier, sont d'autres outils fréquemment sollicités. En rapportant ce résultat aux observations sur le terrain, nous constatons que le planning papier sert principalement à constituer une première ébauche de l'ordonnancement, qui sera par la suite reportée sur le planning mural. Dès lors, les réflexions les plus approfondies et les échanges collectifs se concrétisent au moyen du planning mural. Son caractère « visuel » est notamment mis en avant comme un réel avantage par les opérateurs. Ce qui explique en partie un pourcentage d'utilisation plus important que le support papier (23% contre 8%). Enfin, le logiciel d'exploitation semble également jouer un rôle important dans l'environnement matériel de l'exploitant (14%). Nous tenterons de mieux définir ce rôle par la suite.



Codage des tâches			Codage de l'activité cognitive (prédictat-arguments)					Codage de la gestion de l'incertitude (psycholinguistique)	
Phase	Tâche	Outil	Prédictat	Type-objet	But	Variable	Source	Connecteur (Donc, Si, Mais)	Échelle certitude

Figure 14. Fréquence des principaux outils utilisés par l'exploitant.

En approfondissant la réflexion sur l'utilisation des outils répertoriés, un croisement entre les outils et les tâches a été réalisé. Le croisement de ces deux variables nous renseigne sur l'utilisation de certains outils en lien avec une tâche spécifique. La figure 15 met en évidence les principaux outils utilisés pour chacune des tâches. Si le téléphone est l'outil le plus utilisé quelle que soit la tâche, d'autres supports se distinguent par une utilisation plus spécifique. Ainsi, les plannings (muraux et papier) sont utilisés uniquement dans l'organisation des tournées à venir. L'emploi du logiciel d'exploitation s'effectue principalement dans le cadre de suivi des tournées. Cela repose notamment sur la géolocalisation des véhicules, ainsi que sur le contact avec le conducteur à l'aide de la messagerie du logiciel, pendant l'exécution des tournées.

<i>Organisation des tournées à venir</i>	Téléphone	42%
	Planning mural	34%
	Planning papier	9%
<i>Suivi des tournées</i>	Téléphone	46%
	Logiciel d'exploitation	42%
<i>Gestion des imprévus</i>	Téléphone	53%
	Logiciel d'exploitation	20%
<i>Gestion du matériel</i>	Bourse de fret	9%
	Téléphone	97%

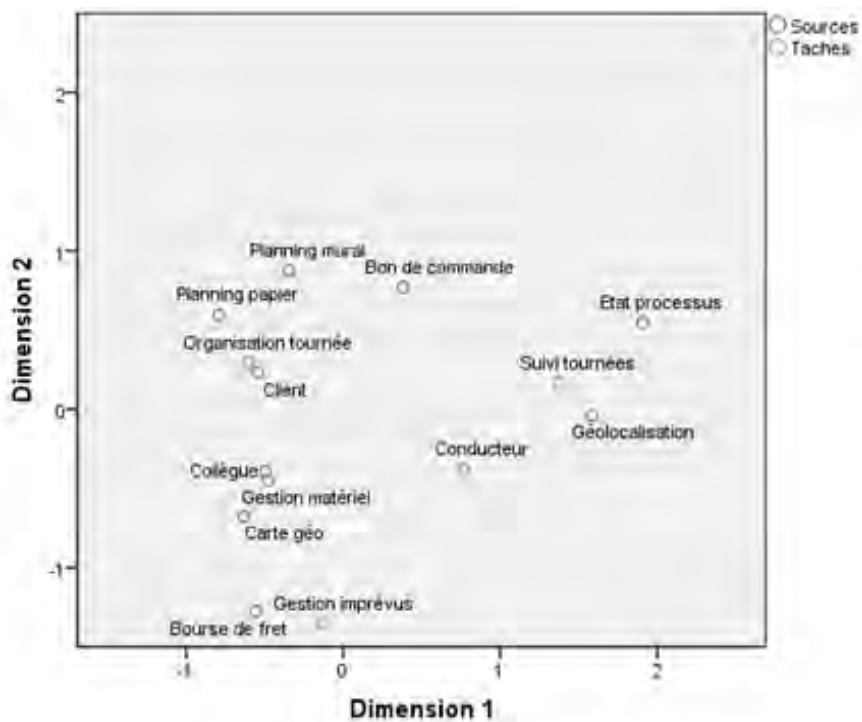
Codage des tâches			Codage de l'activité cognitive (prédictat-arguments)					Codage de la gestion de l'incertitude (psycholinguistique)	
Phase	Tâche	Outil	Prédictat	Type-objet	But	Variable	Source	Connecteur (Donc, Si, Mais)	Échelle certitude

Figure 15. Utilisation des outils selon les différentes tâches.

Au sein de l'entreprise M, l'ordonnancement s'effectue principalement de façon individuelle. Cependant, les collègues, les conducteurs et les clients constituent un environnement humain avec

lequel l'exploitant interagit en permanence. Un moyen de mieux comprendre la nature de ces interactions est d'analyser les sources auxquelles l'exploitant fait appel dans le cadre de ses activités d'élaboration d'information. Il s'agit là de l'ensemble des « ingrédients » nécessaires pour accomplir les différentes tâches, dont parmi elles, l'ordonnancement des tournées de transport.

Afin d'étudier en détail la sollicitation des différentes sources par l'exploitant selon chaque tâche, une Analyse des Correspondances Multiples (ACM) a été réalisée (Figure 16). Celle-ci inclut un croisement des variables « sources » et « tâches », dans le but de détecter les sources d'information privilégiées par l'exploitant selon ses objectifs.



Codage des tâches			Codage de l'activité cognitive (prédicat-arguments)				Codage de la gestion de l'incertitude (psycholinguistique)		
Phase	<b>Tâche</b>	Outil	Prédicat	Type-objet	But	Variable	<b>Source</b>	Connecteur (Donc, Si, Mais)	Échelle certitude

Figure 16. Analyse des Correspondances Multiples (ACM) entre variables « Tâches » et « Sources ».

L'ACM est une représentation graphique basée sur les cooccurrences entre les différentes variables. Ainsi, plus la proximité entre deux modalités est grande sur le graphique, plus la probabilité de correspondance entre ces deux éléments est importante. Bien que les résultats ne permettent pas de mettre en évidence des couplages systématiques Tâche-Source (ce qui ne reflèterait d'ailleurs pas la réalité du terrain), plusieurs enseignements sont tout de même à retenir. Le « suivi des tournées » est la tâche qui repose le plus sur le logiciel d'exploitation. En effet, la fonction de « géolocalisation » et la fonction « état processus » (qui informe en temps réel sur les différentes étapes du transport : en conduite, en chargement, en pause, etc.) sont les

sources privilégiées de l'exploitant pour cette tâche. Le conducteur, qui peut être contacté par messagerie ou par téléphone, représente la troisième source d'information pendant la phase de suivi. « L'organisation des tournées » correspond à une multitude de sources matérielles d'ordonnancement, telles que le planning mural, le planning papier ou encore les bons de commande. Cependant, les prises d'information directes auprès du client demeurent incontournables, tellement la correspondance entre la tâche « organisation des tournées » et la source « client » semble être forte. Enfin, la « gestion du matériel » se réalise principalement en concertation avec les collègues, alors que la « gestion des imprévus » présente une forte correspondance avec « la bourse de fret ». Cette correspondance s'explique par le fait que la bourse de fret est souvent consultée dans l'urgence, lorsqu'un conducteur se retrouve sans transport, suite à des modifications de demande ou d'autres événements imprévus.

### 4.3. Composantes et contraintes de l'activité de l'exploitant

Pour compléter la description de l'activité, il convient de mettre en lumière les composantes et les contraintes qui structurent le cadre de l'activité dans l'entreprise M. Ces éléments font référence à la dimension « conditions d'ordonnancement », telle que nous l'avons décrite dans la typologie des situations d'ordonnancement.

La variable « type-objet » représente l'ensemble des objets physiques, sur lesquels portent l'activité et les réflexions de l'exploitant. Au même titre que les variables précédemment exploitées, le codage du « type-objet » repose sur les verbalisations provoquées ou spontanées de l'exploitant. La Figure 17 présente les principaux objets codés. La modalité « conducteur » est l'objet le plus récurrent dans la représentation mentale de l'exploitant (46%). « Véhicule » (21%) et « marchandise » (12%) présentent également une fréquence d'apparition conséquente.

Dans le cadre d'une étude de 2010, Gacias avait modélisé les composantes de l'activité dans le TRM. Un modèle reposant sur une approche de Hiérarchie d'Abstraction, issue des travaux de Rasmussen et Vicente (1985 ; 1989 ; 1992 ; 1999). Il est alors intéressant de noter que les composantes répertoriées à travers une méthode radicalement différente, sont identiques à celles obtenues au cours de notre démarche d'analyse. Néanmoins, parmi les objets détectés, deux ne figurent pas dans le modèle de Gacias (op. cit.). Il s'agit de « matériel » et de « carburant ». Le « matériel » semble être une composante spécifique à certaines situations, comme celle du Groupe M, lorsque celui-ci est dissociable du véhicule (exemple : tractopelle, porte-palettes, etc.). La dernière composante décelée concerne le « carburant ». Si par le passé, le carburant pouvait être considéré comme une variable implicite, il apparaît dans notre étude comme un objet de réflexion à part entière. Une reconsidération qui peut être liée à un intérêt croissant à réduire les coûts de transport, lié fortement à la consommation et au prix du carburant.



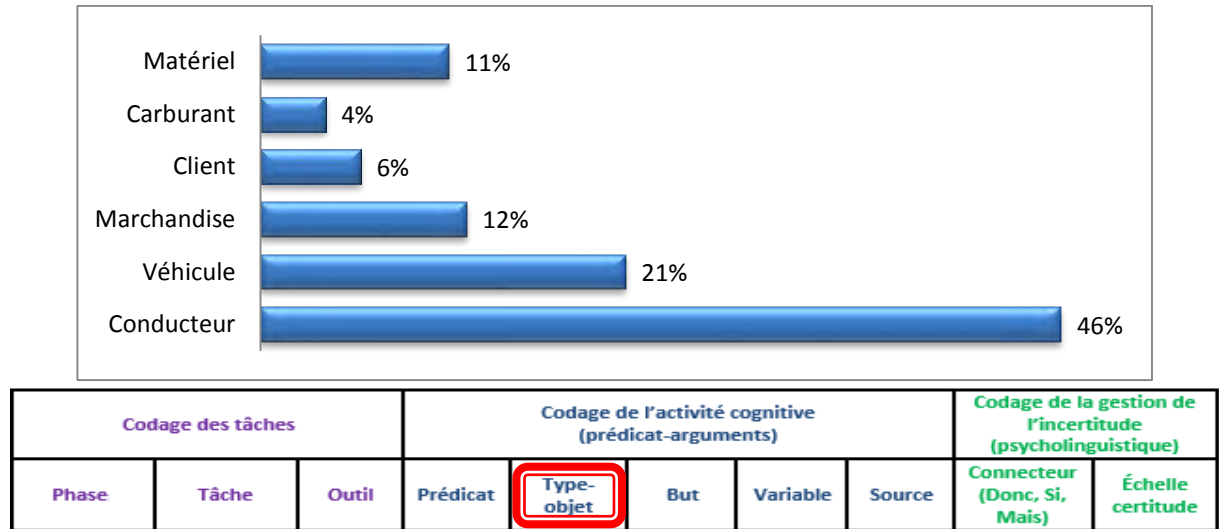
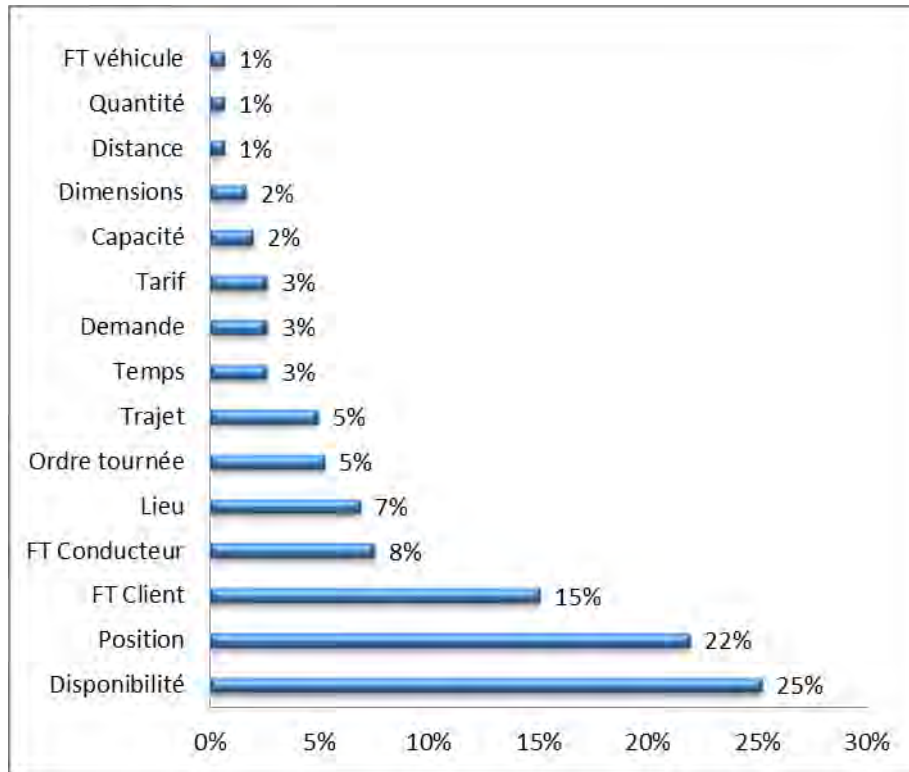


Figure 17. Principaux objets de l'activité de l'entreprise M.

Décrire une situation de travail ne se résume pas à un inventaire des objets qui forment son environnement physique. Les buts et les contraintes qui dictent chaque activité sont tout aussi importants. C'est pourquoi en se fondant sur l'argument « Variable », notre intérêt a également porté sur les différentes variables qui sont « manipulées » dans l'activité des exploitants (Cf. Figure 18). Ces variables traduisent principalement les contraintes qui s'imposent à l'exploitant.

Ainsi, comme la Figure 18 l'atteste, les principales variables sous-jacentes aux prises d'informations des exploitants sont notamment: la « disponibilité » des ressources (25%), la « position » des ressources (véhicules) (22%) ; et l'ensemble des variables temporelles, comme les Fenêtres Temporelles (FT) des clients (15%), des conducteurs (8%) et des véhicules (1%). Le « lieu », le « tarif », la « capacité » ou le trajet sont également des variables qui interviennent dans les réflexions de l'exploitant.

L'ensemble de ces variables, que nous pouvons qualifier de contraintes portant sur les composantes de l'activité, correspondent à celles généralement décrites dans la littérature, dont le modèle de Gacias (2010). Cependant, l'existence et surtout le niveau élevé d'une variable divergent avec la littérature existante et mérite d'être relevés. Il s'agit de la variable « position » (22%), qui correspond à la position d'un véhicule dans le réseau routier, à un moment précis. Une information que l'exploitant prend souvent en compte pour effectuer un ordonnancement futur, ou réordonnancer les tournées en cours de réalisation. L'apparition de cette variable n'est certainement pas étrangère à l'émergence des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC), qui ont démocratisé notamment l'accès à la géolocalisation. Il s'agit là d'un signal d'alarme, soulignant les limites de la validité des modèles de l'activité dans le temps et aussi la nécessité d'y apporter des mises à jour régulières (voir Govaere, 2002 ; Klein & Govaere 2012 ; pour une synthèse des effets des NTIC sur le travail).



Codage des tâches			Codage de l'activité cognitive (prédicat-arguments)					Codage de la gestion de l'incertitude (psycholinguistique)	
Phase	Tâche	Outil	Prédicat	Type-objet	But	Variable	Source	Connecteur (Donc, Si, Mais)	Échelle certitude

Figure 18. Principales variables prises en compte dans l'activité de l'entreprise M.

#### 4.4. Sources d'incertitude dans l'activité de l'exploitant

L'analyse des sources d'incertitude est une étape primordiale dans cette étude empirique, puisque cette dimension est placée au cœur des travaux de cette thèse. Pour détecter les différentes sources d'incertitude, nous nous sommes principalement fondés sur l'utilisation du connecteur « si », dans sa fonction hypothétique qui traduit une incertitude (Caron-Pargue & Caron, 1989). La Figure 19 relate les résultats issus de cette variable. Ainsi, nous pouvons noter que lorsque le connecteur « si » est employé dans sa fonction d'expression d'une hypothèse, pour la moitié des énoncés, l'incertitude porte sur la demande du client. Par rapport à l'activité de l'entreprise, cela reste cohérent puisque dans le secteur du TRM, les demandes des clients sont constamment modifiées. Notons également que l'instabilité du processus de transport représente la seconde source d'incertitude au sein de l'entreprise M (33%). En effet, des événements imprévus tels que les pannes, les accidents ou plus fréquemment les conditions de circulation, entraînent de l'incertitude sur la durée d'un trajet. Enfin, la troisième source d'incertitude concerne l'étape du chargement/déchargement (9%). En effet, selon les ressources disponibles sur place et le nombre

de véhicules en attente sur le site, la durée d'un chargement ou déchargement est difficilement prévisible par l'exploitant.

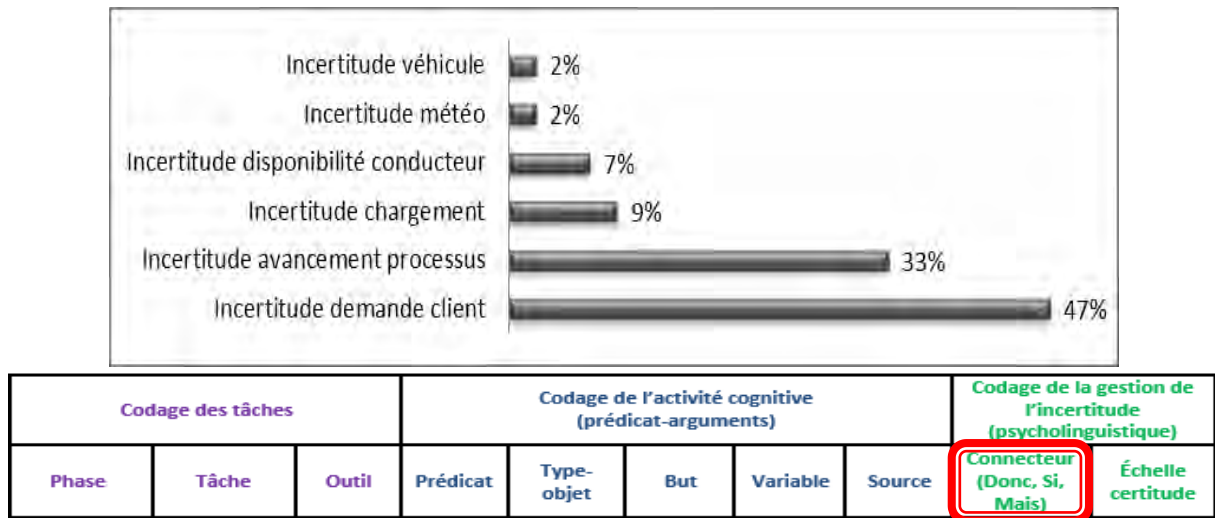


Figure 19. La répartition des différentes sources d'incertitude au sein de l'entreprise M (T-BTP + T-AGRI). Dans la typologie des situations d'ordonnancement proposée, cinq composantes majeures de l'ordonnancement - donc de potentielles sources d'incertitude - avaient été présentées. Il s'agissait de l'activité, du produit, de la demande, des contraintes et des ressources. Les résultats issus du Groupe M démontrent que l'incertitude est omniprésente et très variée, dans le secteur du transport routier de marchandises. En effet, parmi les cinq composantes, quatre sont formellement affectées par l'incertitude : la demande provenant du client ; l'activité, avec l'incertitude sur l'avancement du processus de transport ; les contraintes, liées notamment au temps nécessaire au chargement/déchargement ; et les ressources, dont la disponibilité représente aussi une source d'incertitude.

En nous fondant à la fois sur l'analyse globale de la structure et sur l'analyse de l'activité, dont un certain nombre de résultats viennent d'être exposés, nous pouvons dresser un tableau descriptif représentant la situation d'ordonnancement au sein du groupe M. Cette présentation, illustrée à travers le tableau 12, reprend les différentes dimensions des situations d'ordonnancement, telles qu'elles ont été exposées dans la typologie proposée.

Tableau 12. Description de la situation d'ordonnancement dans l'entreprise M.

<b>Horizon temporel d'ordonnancement</b>	Niveau opérationnel Échéances opérationnelles : J+1, J+2 (T-BTP) ; J+2 à J+7 (T-AGRI)
<b>Conditions d'ordonnancement</b>	<p><b>Contraintes de ressources :</b> Ressources matérielles : capacité limitée Ressources : disjonctives (citerne, bennes) Exploitation : pas de retour à vide Ressources humaines : respect réglementation française (9H par jour + pauses ; pas plus de 56h par semaine ; pas de travail le weekend Prise en compte des critères implicites (profil du conducteur, son lieu d'habitation, le « mérite »)</p> <p><b>Contraintes temporelles :</b> Fenêtres temporelles rigides des clients (pénalités possibles)</p> <p><b>Contraintes environnementales :</b> Code de la Route Réglementation de la circulation des poids lourds</p> <p><b>Particularités :</b> Clients réguliers, demandes habituelles ou non, tournées uni-destinataires.</p>
<b>Environnement d'ordonnancement</b>	<p><b>Environnement humain :</b> planification individuelle, présence de collègues sur le site avec échanges ponctuels. Contacts permanents avec conducteurs et clients.</p> <p><b>Environnement matériel :</b> planification manuelle. Logiciel d'exploitation : sert principalement au suivi/surveillance. Outils de construction des ordonnancements : planning mural, carte murale, planning papier, carnet d'archivage, annuaire.</p>
<b>Règles d'ordonnancement</b>	<p><b>Choix de commande :</b> clients les plus importants en priorité <b>Choix du véhicule :</b> selon le type de la demande, pas de priorité entre les véhicules de même type (parc homogène) <b>Choix du chargement :</b> pas de priorité (bennes, citerne)</p>
<b>Phases d'ordonnancement</b>	<b>Prédictive</b> (ordonnancement) <b>et réactive</b> (réordonnancement), davantage d'interventions prédictives.
<b>Indicateurs de performance</b>	<p><b>Indicateur de ressources :</b> nombre de conducteurs et de véhicules affectés par jour <b>Indicateur financier :</b> Rentabilité/jour pour chaque conducteur, surcoût de sous-traitance (sous forme d'intérim) <b>Indicateur d'incertitude :</b> Nombre de conducteurs/véhicules non affectés pour le J+1</p>
<b>Exigences cognitives</b>	<p><b>Pression temporelle :</b> horizon temporel court, peu de marge de manœuvre. Rigidité temporelle importante pour certains clients (BTP). <b>Les différents cycles temporels :</b> cycles d'activité très variables des clients, parfois différents du cycle d'activité de l'entreprise M.</p>
<b>Sources et types d'incertitude</b>	<b>Sources d'incertitudes :</b> Demande des clients (source la plus importante), l'activité (l'avancement du processus et gestion des aléas), ressources (disponibilité des conducteurs ou des véhicules pas toujours connue), contraintes (réglementation variable selon la météo, etc.).

## 5. Processus cognitifs mis en jeu dans l'activité de l'exploitant

Après avoir décrit avec précision l'activité de l'exploitant dans le Groupe M au cours de la partie précédente, nous allons désormais focaliser la démarche d'analyse sur l'activité d'ordonnement (organisation des tournées) en nous intéressant aux processus cognitifs sous-jacents.

Ainsi, l'analyse cognitive va être déclinée en deux démarches à la fois distinctes et dépendantes. Dans un premier temps, c'est une approche dite « statique » qui va être adoptée. Celle-ci correspond à une analyse fréquentielle, basée sur l'occurrence des différents types d'activités cognitives (prédicats), lors de l'accomplissement de l'ordonnement par l'exploitant. Ensuite, nous nous intéresserons à la dynamique temporelle de l'activité cognitive de l'ordonneur. Il s'agira d'analyser l'enchaînement des différentes activités cognitives au cours d'une séquence d'ordonnement, et de s'interroger sur l'existence d'un schéma mental type, sous-jacent à l'activité d'ordonnement dans le TRM. Ainsi, afin de faciliter la lecture des résultats, nous rappelons à nouveau la figure 20, récapitulant les définitions de l'ensemble des prédicats.

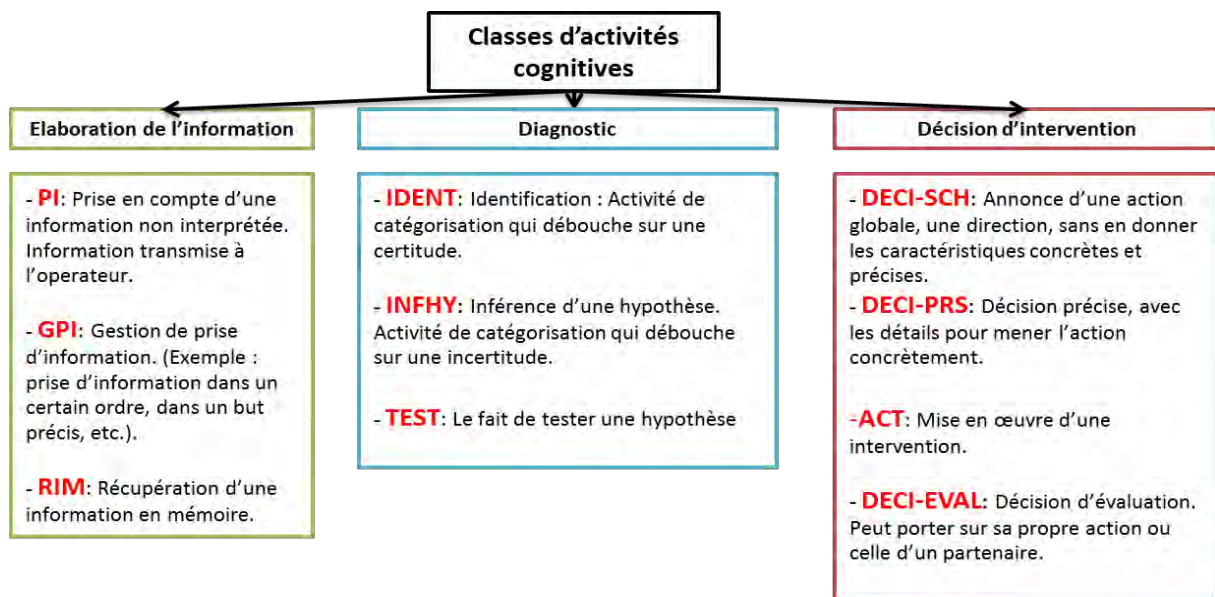


Figure 20. Les catégories d'activités cognitives et les prédicats qui en découlent (Hoc & Amalberti, 1999).

### 5.1. Approche statique des processus cognitifs

Au cours de la réalisation de ses différentes tâches, l'activité cognitive de l'exploitant se répartit en 50% d'activités d'élaboration d'information, 21% de diagnostic et 29% de décisions d'intervention (cf. figure 21).

La figure 21 représente la répartition des différentes classes d'activité cognitive de l'exploitant, toutes tâches comprises. Nous constatons que les activités d'élaboration d'information sont les

plus récurrentes : elles sont présentes dans la moitié des énoncés (50%). Les décisions d'interventions représentent 29% de l'échantillon des énoncés codés. Enfin, les diagnostics représentent l'activité la moins fréquente, loin néanmoins d'être en quantité négligeable (21%).

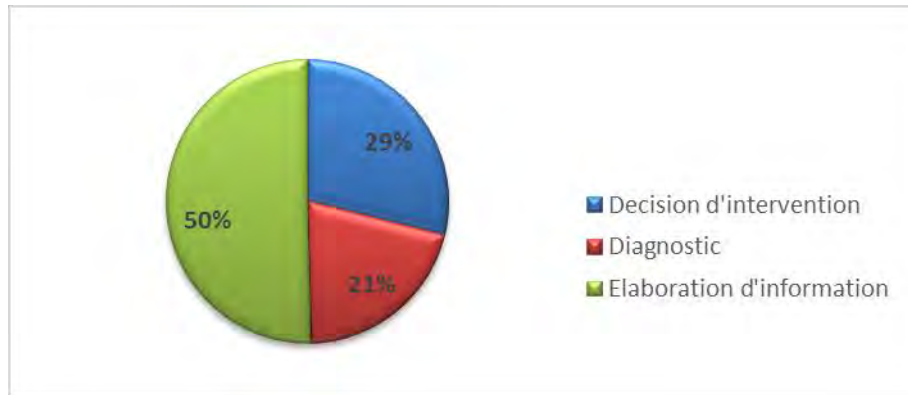


Figure 21. Répartition des différentes classes d'activité cognitive (prédicats) de l'exploitant.

Si nous nous intéressons plus spécifiquement à son activité d'ordonnement, à savoir « l'organisation des tournées à venir », nous constatons que cette répartition demeure très proche de celle portant sur son activité globale (cf. figure 22).

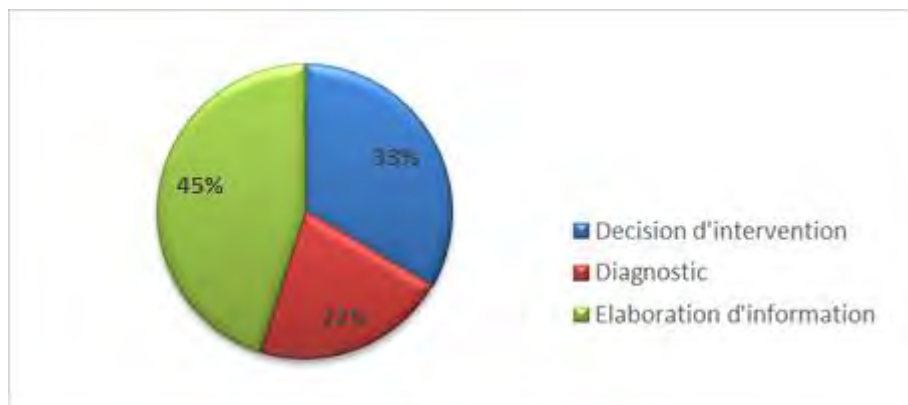


Figure 22. Répartition des classes d'activité cognitive lors de « l'organisation des tournées à venir ».

L'analyse de l'activité cognitive liée à l'organisation des tournées peut être menée à un niveau plus détaillé. En effet, en s'intéressant à tous les prédicats (et non pas aux classes de prédicats), l'on peut apporter davantage de précisions sur les mécanismes cognitifs mis en jeu lors de l'activité d'ordonnement. En se référant à la figure 23, nous pouvons constater par exemple que l'élaboration d'information repose principalement sur des informations provenant de sources extérieures, sous forme brute (22% PI) et motivées par un objectif bien précis (17% GPI). À l'inverse, les récupérations d'informations en mémoire (RIM) restent relativement rares (6%). Concernant les activités de diagnostic, il faut noter que le taux des diagnostics précis (IDENT) et les diagnostics débouchant sur une incertitude (INFHYP) sont à un niveau comparable, bien que

les identifications précises semblent être légèrement plus fréquentes (12% de IDENT contre 8% de INFHYP). Enfin, nous remarquons que les activités de décision d'intervention se présentent autant sous forme de décision précise (14% DECI-PRS) que de décision schématique (14% DECI-SCH).

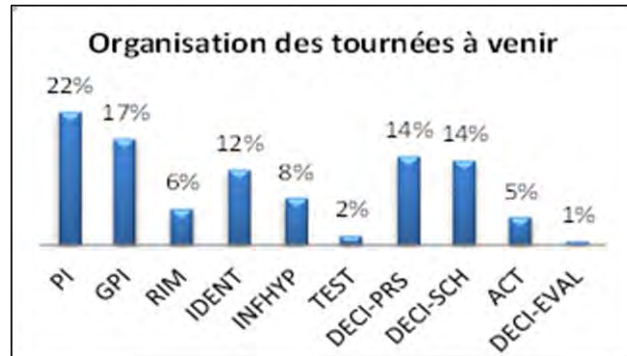


Figure 23. Répartition des prédicats lors de « l'organisation des tournées à venir ».

Tous les résultats qui viennent d'être exposés décrivent l'activité cognitive à partir d'occurrences relevées pendant la durée de l'intervention. L'absence d'approche d'analyse de situations d'ordonnancement basées sur une méthodologie similaire freine les possibilités d'interprétation de ces résultats. Cela souligne l'importance de reproduire la démarche d'analyse dans une autre situation d'ordonnancement, comme nous le verrons au cours des chapitres suivants. De plus, bien que ces résultats représentent une source abondante de réflexion dans la quête de compréhension des processus cognitifs, il faut admettre qu'ils affichent une limite importante. Effectivement, la dimension « dynamique » n'est pas prise en compte, puisque les énoncés sont traités de manière statique, et non pas séquentielle. La partie suivante a pour rôle de remédier à ce manque, en introduisant une démarche dynamique.

## 5.2. Approche dynamique des processus cognitifs

Afin d'approfondir l'analyse cognitive de l'ordonnancement dans le TRM, nous nous posons la question suivante : comment les activités cognitives de l'exploitant s'enchaînent-elles, lorsque celui-ci accomplit la tâche d'ordonnancement sous forme d'organisation des tournées à venir ?

À travers une analyse macroscopique des données, nous avons détecté 17 séquences manifestes d'ordonnancement. Ces séquences débutent systématiquement par la prise en charge d'une demande d'ordonnancement d'un transport ; et se terminent par son dénouement, exprimé par l'exploitant. La nature du dénouement peut être différente. Il peut s'agir d'une affectation définitive, d'un ordonnancement provisoire ou même d'un report de l'ordonnancement. Afin d'éviter l'inférence de tout autre tâche, l'ensemble des séquences sélectionnées est continu, c'est-à-dire que la réflexion de l'exploitant n'est à aucun moment interrompue par une seconde tâche.

Une fois les situations détectées, nous nous sommes interrogés sur l'enchaînement des activités cognitives (prédicats) au cours de ces séquences d'ordonnancement.

La Figure 24 représente un exemple de séquence de planification, avec la représentation du « **cheminement cognitif** » qui lui est propre. Ainsi, l'enchaînement des prédicats a été modélisé à travers un séquençage basé sur un code en couleur, pour privilégier une visualisation rapide et intuitive. On constate que cette séquence débute par un enchaînement de prise d'information (PI) et se termine par une affectation schématique, sans en donner les détails opérationnels (DECI-SCH).

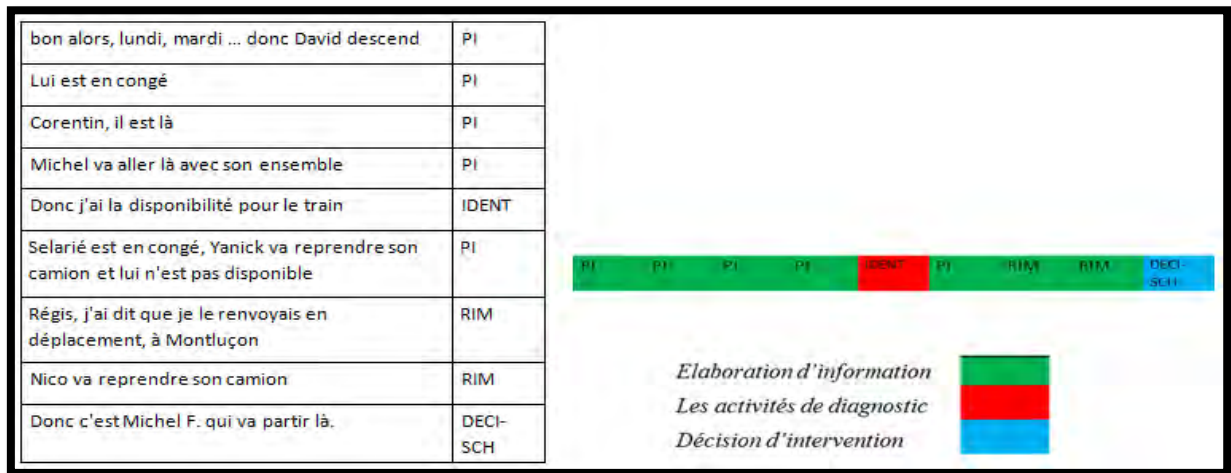


Figure 24. Exemple de séquence d'ordonnancement et de sa modélisation.

Le même processus de modélisation a été reproduit sur l'ensemble des 17 séquences. Ainsi, bien qu'il soit difficile de tirer des enseignements généralisables à partir de 17 cas seulement, nous avons rapporté l'ensemble des séquences sur un graphique commun (Cf. Figure 25).

Cette démarche de modélisation étant plutôt originale, il convient de préciser les modalités de lecture du graphique suivant. L'axe des abscisses représente l'avancement du processus d'ordonnancement. En effet, toutes les séquences n'ayant pas la même longueur (même nombre de prédicats), il a fallu les compiler autour d'une même unité : le pourcentage d'avancement. L'axe des ordonnées représente le pourcentage moyen de mise en œuvre de chaque classe de prédicat (élaboration d'information, diagnostic et décision d'intervention). Cette moyenne porte sur les 17 séquences qui constituent l'échantillon. Si l'on prend par exemple la courbe verte, l'on constate que 80% des séquences de notre échantillon débutent par de l'élaboration d'information. Cette moyenne diminue au cours de l'avancement, pour atteindre 0% à la fin de la séquence. Cela signifie qu'aucune séquence ne se termine sur une activité de type « prise d'information ».

Pour rappel, les trois classes d'activités cognitives peuvent être définies de la manière suivante :



- Élaboration de l'information : c'est l'ensemble des activités qui permettent d'intégrer les informations nécessaires à l'ordonnancement, afin d'alimenter la représentation occurrente de la situation.
- Diagnostic : ces activités correspondent à la compréhension de la situation par le sujet et à la catégorisation plus ou moins précise de de l'état et de l'évolution future de cette situation.
- Décision d'intervention : il s'agit de l'ensemble des actions permettant de préparer, mettre en place et tester une action concrète d'intervention. Dans le cas de l'ordonnancement, il s'agit principalement de la construction du plan, qui peut être plus ou moins détaillé.

Ainsi, la figure 25 représente l'évolution moyenne des classes d'activités cognitives au cours d'un processus d'ordonnancement.

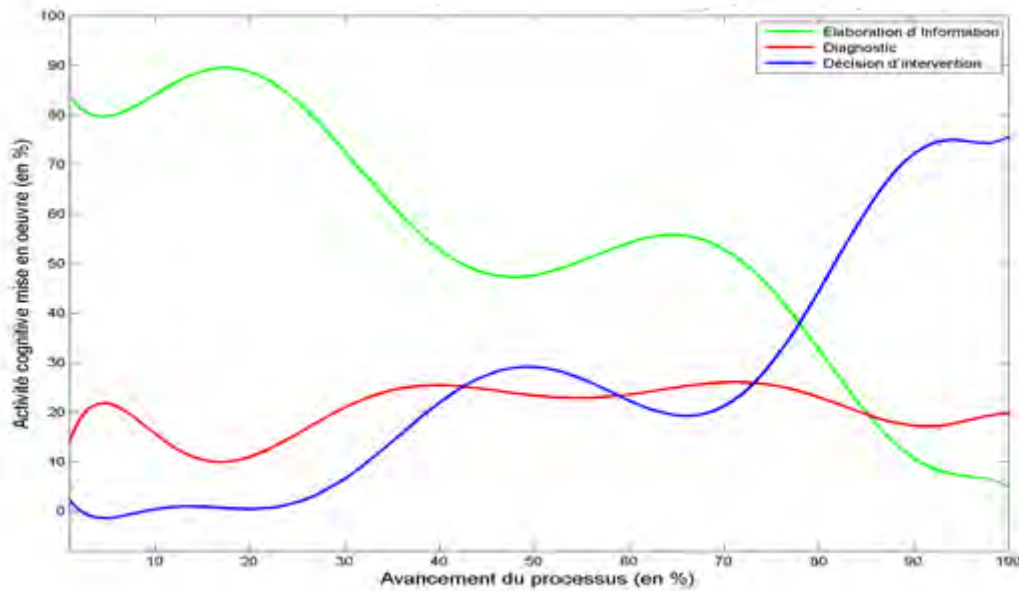


Figure 25. Évolution des activités cognitives (classes de prédicats) au cours de séquences de planification.

Notre démarche d'analyse séquentielle permet de mettre en avant plusieurs résultats majeurs. Tout d'abord, on constate que les activités de diagnostic sont constantes au cours du processus d'ordonnancement. Autrement dit, un diagnostic peut aussi bien être posé en début de séquence (Exemple : « *Il faut que je planifie la commande X, car Michel ne devrait pas être disponible* »), qu'en milieu, ou même en fin de séquence (Exemple : « *Je vais laisser comme ça pour lundi, même si je ne pense pas qu'on puisse y arriver* »).

Le deuxième enseignement concerne l'évolution de l'élaboration d'information. On remarque que les séquences d'ordonnancement débutent très majoritairement par une phase d'élaboration

d'information. Un niveau qui s'élève à 80%, avant de diminuer au cours du processus et de terminer à près de 0% au moment où la séquence se conclut. Notons que l'élaboration d'information reste l'activité la plus récurrente, jusqu'aux trois quarts (75%) de l'avancement du processus.

Les décisions d'intervention suivent un chemin symétrique, donc opposé à celui des élaborations d'informations. Celles-ci sont quasi-inexistantes au début du processus, avant de devenir omniprésentes en fin de séquence. En toute logique, la grande majorité des séquences d'ordonnancement (80%) se terminent par une décision d'intervention. Cette décision d'intervention peut, tout aussi bien, être précise (DECI-PRS) que schématique (DECI-SCH).

L'évolution des courbes des activités cognitives permet de souligner un dernier point fort intéressant. Au milieu du processus d'ordonnancement (donc à 50% de l'avancement), l'opérateur décide d'intervenir davantage (de construire le plan), au détriment des prises d'information. Cependant, cette tendance s'inverse à nouveau, peu de temps après. En rapportant ce résultat aux faits observés sur le terrain, nous constatons qu'il arrive souvent que l'opérateur décide de lancer une intervention, puisqu'il continue à rechercher des informations supplémentaires. Ce, dans le but de conforter son choix ou à l'inverse, d'invalidier son intervention.

Le modèle de « cheminement cognitif » qui a été présenté ne peut en aucun cas prétendre être généralisable à ce stade, puisqu'il n'est basé que sur dix-sept cas. Cependant, il est évident que celui-ci offre un nombre incalculable de pistes de recherche, dont de nombreuses perspectives comparatives. Des comparaisons inter-situationnelles (ordonnancement dans deux secteurs différents), intra-situationnelles (ordonnancement dans la même situation, pour deux types de client différents) ou même inter-sujets (expert, versus novice).

## **6. Discussion et conclusion de l'étude**

Au cours de ce premier chapitre empirique, une approche cognitive inédite de l'ordonnancement, basée sur une méthode spécifiquement conçue et appliquée en conditions réelles a été présentée.

Cette présentation s'est articulée dans un premier temps autour d'un panel large de résultats descriptifs, qualifiant l'activité de l'exploitant avec finesse. Au-delà des enseignements sur le potentiel d'une analyse de l'activité basée sur le codage des protocoles, cette étape nous a permis de dresser un portrait précis des différentes dimensions de l'ordonnancement dans la situation observée.

En déployant une double démarche statique et dynamique, nous avons par la suite explicité certaines dimensions cognitives, qui guident l'activité d'ordonnancement de l'exploitant. Ainsi, nous avons constaté que même si les activités d'élaboration d'information sont omniprésentes (50%), les diagnostics et les interventions jouent également un rôle primordial. Puis, dans le cadre d'une démarche qualitative, nous avons mis en évidence un « cheminement cognitif » type, guidant l'activité d'ordonnancement. Celui-ci met en exergue l'apparition des prises d'information au début du processus d'ordonnancement et les activités d'intervention à la fin. Cette évolution n'est cependant pas linéaire, puisque l'établissement d'un plan n'est pas toujours synonyme de la fin du processus et que celui-ci est parfois évalué à travers de nouvelles prises d'informations. Par ailleurs, les diagnostics apparaissent comme une constante, présents au même niveau, tout le long de la séquence d'ordonnancement. Au-delà de son rôle principal, qui était l'illustration dynamique de l'activité cognitive de l'exploitant, ce modèle fait émerger de nombreux questionnements et perspectives de recherche. La validation et la consolidation de ce résultat pourraient en faire une réelle contribution dans la littérature d'ordonnancement.

Cette étude exploratoire nous a permis de construire une première représentation des processus mentaux mis en œuvre pendant l'ordonnancement sous incertitude, en situation réelle de travail. En se basant sur ce référentiel, il devient possible d'affiner le questionnement initial et de s'intéresser à l'évolution des processus cognitifs entre diverses situations, selon différents critères. Ce sera précisément l'objectif du chapitre 4 suivant, qui visera à élucider l'évolution de l'activité cognitive sous-jacente à l'ordonnancement, selon le niveau et la nature de l'incertitude.

# Chapitre 4

## L'évolution des processus cognitifs selon l'incertitude : le cas de l'ordonnancement dans les services de soins infirmiers à domicile

---

Ce chapitre 4 (et deuxième chapitre de nature empirique) se base sur la reproduction de la démarche d'analyse de l'activité d'ordonnancement, dans un nouveau secteur d'activité. Par conséquent, le lecteur trouvera de nombreux points communs notamment au niveau structurel, entre ce chapitre et le précédent. Néanmoins, reproduire une démarche d'analyse identique à celle menée dans le TRM ne représente pas un objectif scientifique en soi. En effet, au vu de la charge importante associée à une démarche d'analyse des protocoles, sa mise en œuvre doit impérativement reposer sur des objectifs précis et préalablement définis. Dès lors, il convient d'exposer explicitement l'objectif et la problématique du présent chapitre, qui s'inscrit dans la continuité de la partie précédente.

### 1. Problématique et hypothèses

L'enchaînement des deux chapitres, du 3e au 4e, s'inscrit dans une démarche scientifique somme toute classique, sous forme d'entonnoir. Ainsi, si dans un premier temps nous nous sommes intéressés aux processus cognitifs généraux intervenant au cours de l'ordonnancement, nous allons désormais intégrer une variable indépendante : le niveau de l'incertitude. La problématique de ce chapitre pourrait alors être formulée de la manière suivante : **comment les processus cognitifs sous-jacents à l'ordonnancement évoluent-ils selon le niveau de l'incertitude ?**

Une fois la problématique identifiée et la variable d'étude déterminée, nous sommes naturellement amenés à nous interroger sur les résultats attendus. Comme cela a été évoqué en préambule de ce manuscrit, les références théoriques s'inscrivant dans une approche cognitive des situations d'ordonnancement, avec la gestion de l'incertitude comme principal objet, demeurent très rares. De plus, notre approche méthodologique est originale et ne permet pas d'obtenir de réelles références de comparaison issues d'autres études. De ce fait, l'élaboration d'hypothèses précises serait au mieux, utopique ; et au pire, arbitraire et insensée. Cependant en

faisant preuve de prudence et de mesure, il demeure possible d'allier les approches exploratoires et expérimentales et d'émettre ainsi quelques hypothèses générales (Bainbridge, 1979).

L'incertitude est un facteur affectant fortement la complexité d'une situation (Cegarra, 2004). Une augmentation du niveau de l'incertitude devrait donc, au niveau de l'activité cognitive, se traduire par une évolution convergente avec celle détectée dans les travaux sur la complexité. Cette donnée est importante, puisqu'elle permet de dépasser l'absence de référence sur le lien entre le niveau de l'incertitude et les processus cognitifs. Le modèle de l'activité cognitive que nous avons adopté, décline les processus cognitifs en trois classes d'activité : élaboration des informations, diagnostic et décision d'intervention. En nous basant sur ce modèle théorique ainsi que sur quelques travaux antérieurs, nous émettrons plusieurs hypothèses, regroupées selon les classes d'activité citées.

Les activités d'élaboration des informations interviennent dans la compréhension de la situation par l'opérateur (Amalberti & Hoc, 1998). Il s'agit, pour l'opérateur, de se construire une représentation la plus précise possible de la situation (Chauvin, 2000). Dès lors, plus la situation est incertaine et complexe, plus elle nécessitera d'approfondir et d'augmenter les prises d'informations. Ainsi, nous supposons que dans le cadre d'une situation d'ordonnancement plus incertaine, les activités d'élaboration des informations deviendront plus importantes.

La deuxième hypothèse à avancer concerne l'évolution des activités de diagnostic selon le niveau de l'incertitude. En effet, d'après Hoc et Amalberti (1999), les activités de diagnostic permettent de mettre à jour la représentation de la situation initiale. Nous pouvons alors penser que dans le cadre de situations incertaines et complexes, la fréquence des activités de diagnostic devrait être plus importante. Une hypothèse qui serait également soutenue par le modèle de la *Situation Awareness* d'Endsley (1995), qui souligne la corrélation entre le niveau de la « conscience de la situation » et la complexité de la situation : un processus de construction mentale de l'environnement qui repose notamment sur les activités de diagnostic (Neyns, 2011). Dans le modèle cognitif de prise de décision, Hoc et Amalberti (op. cit.) différencient les activités de diagnostic débouchant sur une catégorisation précise (Prédicat IDENT) de celles conduisant à une catégorisation hypothétique ou incertaine (Prédicat INFHYP). Naturellement, on peut s'attendre à ce que les diagnostics incertains (INFHYP) soient proportionnellement plus récurrents que les diagnostics précis lorsque la situation sera plus incertaine.

Concernant les décisions d'intervention, Hoc et Amalberti (op. cit.) distinguent les décisions d'intervention précises (Prédicat DECI-PRS) avec les détails opérationnels nécessaires à sa mise en place, des décisions d'intervention schématiques qui elles, restent à un niveau plus global et moins détaillé (prédicat DECI-SCH). Nous émettons ainsi l'hypothèse que lorsque l'opérateur sera confronté à une incertitude plus importante, ce dernier aura tendance à rester à un niveau plus

schématique, dans l'attente d'obtenir des informations plus précises. Cela devrait se traduire par un taux de DECI-SCH plus important dans une situation plus incertaine, en comparaison avec la fréquence des DECI-PRS. Enfin, dans le cadre d'une étude sur la prise de décision dans la conduite des hauts-fourneaux, Samurçay et Hoc (1996) ont mis en évidence une corrélation positive entre le niveau de la complexité et l'augmentation du taux des activités d'évaluation de décision (Prédicat DECI-EVAL). Ainsi, nous pouvons également supposer que les activités d'évaluation, qui se présentent notamment sous la forme de vérifications, seront d'autant plus nombreuses que la situation sera incertaine.

Le tableau 13 récapitule les différentes hypothèses qui viennent d'être émises. Celui-ci sera à nouveau représenté dans la « discussion » de ce chapitre, l'objectif étant de comparer ces résultats attendus aux résultats effectifs, obtenus à l'issue de notre approche empirique.

Tableau 13. Récapitulatif des hypothèses de l'étude.

<b>Activités d'élaboration des informations</b>	<b>Activités de diagnostics</b>	<b>Activités de décisions d'intervention</b>
- Davantage d'activités d'élaboration des informations dans la situation la plus incertaine	- Davantage d'activités de diagnostics dans la situation la plus incertaine - Rapport diagnostics schématiques/diagnostics précis plus important dans la situation la plus incertaine	- Rapport de décision d'intervention schématique/décisions d'intervention précises plus important dans la situation la plus incertaine - Davantage d'activités d'autoévaluation dans la situation la plus incertaine.

## 2. Choix du secteur d'activité étudié

La problématique présentée impose, de facto, l'intégration d'un certain nombre de critères dans le choix de la situation d'étude. Tout comme l'étude précédente, l'ordonnancement devra être situé au cœur de l'activité. De plus, si la simple présence de l'incertitude était suffisante dans le chapitre précédent, ici, le terrain d'étude devra présenter une variabilité autour de cette dimension. Plus précisément, un même opérateur, devra effectuer plusieurs tâches d'ordonnancement. En évaluant à l'aide des marqueurs psycholinguistiques intégrés au schème de codage, nous serons en mesure de classer ces tâches selon leur niveau d'incertitude, et d'analyser ensuite l'évolution de l'activité cognitive selon cette variable.

Tout comme pour la précédente étude, il serait d'autant plus avantageux d'explorer un secteur d'activité stratégiquement important de par sa place et son évolution dans le paysage socioéconomique.

Tous ces éléments étant considérés, le choix du terrain d'étude s'est porté sur le secteur des Services de Soins Infirmiers à Domicile (SSIAD). Ce choix s'explique sur le plan scientifique par l'existence de plusieurs tâches d'ordonnancement au sein de ce secteur (ordonnancement des ressources humaines, construction de tournées de soins, etc.) (Milburn, 2012). Nous détaillerons ces tâches d'ordonnancement plus loin, en nous référant directement à l'entreprise dans laquelle l'étude a été menée. Sur le plan stratégique, Les SSIAD représentent un secteur d'activité en forte croissance. En effet, si le nombre de places disponibles pour les patients étaient de 93 000 en 2008, celui-ci s'élève en 2015 à 230 000. Ce développement remarquable s'explique notamment par le vieillissement de la population à l'échelle nationale et européenne. Ainsi, les personnes de plus de 75 ans, qui forment la grande majorité des bénéficiaires des SSIAD, représentent près de 9% de la population en France. Ce chiffre devrait être multiplié par deux dans les dix années à venir (Bastide et al., 2014).

L'officialisation de l'activité des services de soins infirmiers à domicile remonte à la parution d'un décret de 1981. Quasi-exclusivement réservés aux personnes âgées de plus de 60 ans dans un premier temps, les SSIAD interviennent désormais également auprès des personnes âgées de moins de 60 ans malades, dépendantes, présentant un handicap ou atteintes d'une pathologie chronique. Les SSIAD assurent deux catégories de services. La première concerne les prestations médicales sous prescription, qui correspondent à des soins techniques et des soins infirmiers de base. La seconde catégorie regroupe les missions d'entretien et les contributions au maintien de la qualité de vie des patients (Chevreul, 2009). Des missions qui s'articulent principalement autour de l'hygiène, de la locomotion et du confort des bénéficiaires. L'ensemble de ces missions a pour vocation de maintenir les personnes dépendantes à domicile, ou d'écourter leur période d'hospitalisation.

Le maintien à domicile est la solution privilégiée par de nombreuses personnes dites « fragiles ». De plus, ce type de suivi socio-médical représente un coût nettement inférieur à celui de l'hospitalisation. Cependant, les ressources humaines et matérielles (kilométrage des voitures, etc.) ne sont pas illimitées dans les SSIAD et pour faire face à l'évolution démographique, ces structures sont amenées à évoluer. Afin d'absorber des demandes constamment en hausse, conjuguées à des moyens économiques limités (financement public), l'exploitation des ressources doit être scrupuleusement maximisée. Cette évolution a un double effet sur la santé : sur celle des patients profitant des services ; et sur celle des soignants, qui interviennent dans un contexte professionnel fortement soumis aux risques psychosociaux, biologiques (risques infectieux), ainsi qu'aux risques physiques tels que les troubles musculo-squelettiques (CNAMTS, 2008).

Parmi les devoirs des SSIAD, l'article D. 312-3 du Code des actions sociales et des familles stipule l'obligation de salarier un **infirmier coordinateur (IDEC)**. Cet article précise également les principales missions de l'IDEC. Celles-ci sont doubles : l'évaluation des besoins et l'élaboration de projets de soins individualisés pour chaque patient, d'une part ; et des aspects logistiques et organisationnels, relatifs à la coordination de l'ensemble des acteurs, d'autre part. L'IDEC assure une fonction stratégique particulièrement importante ; et dans le cadre d'une démarche systémique d'amélioration et de prévention, s'intéresser de près à son activité revêt un caractère indispensable. De ce fait, le rôle de l'infirmier coordinateur présente de nombreux traits communs avec celui de l'exploitant transport dans le TRM. Au sein des missions de coordination, nous retrouvons notamment l'élaboration de tournées des soignants, l'élaboration des plannings, l'affectation des soignants ou la gestion des places dans la structure de soins. Nous remarquons alors que tout comme pour l'exploitant transport, les activités d'ordonnancement représentent une part importante des missions et des responsabilités des infirmiers coordinateurs.

Si, théoriquement, le temps de travail des IDEC doit être équitablement réparti entre les interventions médicales et les tâches organisationnelles, la réalité du terrain révèle une répartition tout autre. En effet, selon Bressé (2004), seulement 15% du temps de travail des IDEC sont réellement dévolus aux activités de soins, alors qu'ils consacrent 85% de leur temps aux tâches de coordination et d'organisation. Ce constat souligne notamment l'importance des activités d'ordonnancement et révèle implicitement leur caractère complexe et chronophage. En effet et comme le soulignent Ben Bachouch, Fakhfakh, Guinet et Hajri-Gabouj (2009, p.1), « *en raison du grand nombre d'acteurs qui participent au processus de soins à domicile, de la variété des décisions cliniques et organisationnelles et de la difficulté de synchronisation des ressources humaines et matérielles, la gestion du planning de tournées des infirmiers est une problématique difficile* ». Un constat qui suscite de l'intérêt à analyser l'activité de l'infirmier coordinateur, dans une perspective de convergence vers un système à la fois plus sûr et plus efficient.

Au même titre que l'ordonnancement dans le TRM, c'est une nouvelle fois du côté de la Recherche Opérationnelle que l'on retrouve le plus grand nombre de travaux sur l'ordonnancement dans les SSIAD. Plus précisément, trois classes de problème d'ordonnancement ont été répertoriées par Milburn (2012). Il s'agit de l'ordonnancement des tournées d'infirmiers à domicile (*Health Nurse Routing and Scheduling Problem*), qui s'apparente au problème des tournées de véhicules avec fenêtres temporelles (VRPTW)(voir Bertles & Fahle, 2006 ; Steeg & Schröder, 2007), la construction de zones géographiques d'intervention (*Home Health Nurse Districting*) (voir Bennett, 2009) et la chaîne d'approvisionnement des matériels de soins à domicile (*Home Health Supply Chain*)(voir Bennett, Mason & Kamali, 2011). Les travaux sur l'ordonnancement spécifiques à ce secteur demeurent rares (Milburn, op. cit.) et les algorithmes de résolution



reposit, dans la grande majorité des cas, sur des travaux plus généralistes, émanant notamment du domaine du transport et de la logistique.

Dans la partie suivante, nous présenterons le terrain d'étude dans lequel notre intervention de recherche s'est déroulée, le **SSIAD T**. En nous basant sur le cas concret de cette structure, nous serons en mesure de mieux appréhender les missions accomplies au sein d'un SSIAD, et plus précisément le rôle fondamental joué par l'infirmier coordinateur, qui est un maillon essentiel dans le secteur des soins infirmiers à domicile.

### 3. Présentation du terrain d'étude

Le SSIAD T est un organisme à but non-lucratif, basé dans le sud-ouest de la France. Leader départemental, cet organisme dispose de quatre services de soins infirmiers à domicile, implantés dans différentes zones géographiques. Parmi ces quatre services, deux sont implantés dans des zones urbaines (villes de taille moyenne), alors que les deux autres sont situés en zone rurale. La hiérarchie de la structure est composée d'un directeur chapeautant les quatre services, et de quatre infirmiers coordinateurs endossant les responsabilités médicales et organisationnelles de chaque centre et du corps soignant, essentiellement constitué d'aides-soignants (AS).

Dès les premiers échanges avec la direction et les infirmiers coordinateurs, ces derniers nous ont fait part de l'importance des activités d'ordonnancement, et des difficultés éprouvées à surmonter la complexité de cette activité. Ces échanges ont validé le choix du secteur d'étude et ont permis de mener l'intervention avec une implication totale des différents acteurs.

Lors de cette phase d'analyse globale et stratégique, certaines différences entre les contraintes d'ordonnancement en secteur urbain et celles du milieu rural ont été constatées. Par exemple, les déplacements sont évidemment plus longs en milieu rural, alors qu'ils sont davantage impactés par la variabilité du trafic routier en zone urbaine. De même, si les fenêtres temporelles de visites sont plus flexibles en milieu rural, les patients se montrent plus intransigeants en ville et tolèrent moins bien le non-respect des horaires de visites, malgré une marge de 15 à 30 minutes prévue formellement. Ainsi, afin d'avoir une vision plus représentative de leur activité, nous avons choisi d'analyser l'activité de deux infirmiers coordinateurs en charge de deux centres différents, implantés dans une ville pour l'un et en milieu rural pour l'autre.

Les deux centres retenus disposent d'une capacité d'accueil comparable, de 80 et 90 places. Le taux d'occupation des deux structures atteint les 100%. Le nombre de salariés est également équivalent puisque chaque centre emploie une vingtaine d'aides-soignants, dont une moitié de

titulaires et l'autre moitié de remplaçants. Cette répartition est importante, puisqu'elle induit une règle de priorité qui consiste à planifier dans un premier temps les AS disposant d'un contrat de remplaçant. Ce procédé vise à « préserver » les nouveaux arrivants, dans un secteur où il est compliqué d'embaucher et de maintenir les agents en poste (rémunération faible, sollicitation importante, etc.).

Cette composition mixte est également révélatrice d'un turn-over important au sein du SSIAD. Cela engendre des contraintes en termes de formation et de compétence des nouveaux remplaçants, mais aussi auprès des patients qui souhaitent, en grande majorité, conserver une continuité relationnelle avec les mêmes aides-soignants. De plus, il existe une grande diversité des contrats des AS, puisque certains exercent à plein temps et d'autres à mi-temps ; et que certains ont des contrats partiels d'un à deux jours par semaine, alors que d'autres ont des contrats aménagés avec horaire variable d'un mois à l'autre. Cette hétérogénéité saisissante constitue une particularité importante à souligner dans le SSIAD T.

Au sein du SSIAD T, les infirmiers coordinateurs ont été investis d'une triple mission d'ordonnancement:

- **La construction des tournées :**

L'ensemble des patients est divisé en un certain nombre de tournées (exemple : 12 tournées le matin en semaine ; 8 tournées le matin, en week-end et 6 tournées le soir). Une tournée du matin dure 5 heures et une tournée du soir équivaut à 3 heures. Pour construire ces tournées, les IDEC doivent prendre en compte le lieu de domiciliation de chaque patient (afin de réduire au maximum les distances parcourues), leurs besoins spécifiques (heures de passage, etc.), ainsi que la nature du soin administré. La charge de travail doit être équitablement répartie entre les tournées ; les patients dont la prise en charge est plus lourde ne peuvent pas être regroupés au sein d'une même tournée. Si cette pondération fait défaut, cela engendre des répercussions à la fois sur la santé des AS et sur la qualité du service fourni. La construction des tournées est une tâche ponctuelle, et les tournées établies ne sont que très rarement réajustées. Elles le sont uniquement en cas de départ et d'entrée de nouveaux patients. C'est pourquoi cette activité n'a pas pu être observée au moment du recueil des données.

- **L'établissement des plannings**

Cette deuxième mission de planification assurée par les IDEC consiste en l'élaboration des plannings du personnel. Au milieu de chaque mois, les IDEC doivent construire le planning pour le mois suivant, en tenant compte de la nature du contrat de chaque aide-soignant, des contraintes réglementaires (nombre de jours de repos, etc.) ou encore des vœux et des indisponibilités

transmis par le personnel. La difficulté réside dans la combinaison des contraintes issues de la gestion des contrats des AS comportant des durées nombreuses et différentes, des durées de tournées de 5 ou 3 heures (tournée du matin ou du soir) ; issues aussi de la nécessaire optimisation des contrats de travail (minimisation des heures supplémentaires et réalisation des durées de travail contractuelles...), de la réalisation du service de soins, etc.

#### - **L'attribution des aides-soignants aux tournées**

Une fois les plannings conçus, l'IDEC dispose d'un certain nombre d'AS disponibles pour chaque jour. Ici, la mission d'ordonnancement des IDEC consiste à affecter le personnel aux tournées, pour chaque jour de la semaine. Pour accomplir cette activité d'affectation, les contraintes que l'infirmier coordinateur doit prendre en compte relèvent de l'historique des visites, afin de maintenir une continuité du duo soignant-patient dans le temps. Il faut également tenir compte d'un certain nombre de spécificités, comme des réticences ou préférences de collaboration entre certains soignants et patients.

## **4. Procédure et échantillon des données**

L'intervention ergonomique menée au sein du SSIAD T est tout à fait comparable à celle déployée dans le TRM et l'entreprise M. Comme dans cette première étude, l'intervention a débuté par une première étape d'analyse globale, basée sur des entretiens stratégiques et une analyse documentaire, incluant les fiches de postes et de procédures. Cette phase initiale, axée sur le prescrit, a eu pour objectif d'appréhender les spécificités de la structure et des différentes tâches qui y sont accomplies. À l'issue de cette première étape, c'est l'activité réelle de l'infirmier coordinateur qui a été analysée, à travers la méthode conçue et présentée au chapitre 2. Pour rappel, cette méthode est basée sur l'enregistrement vidéo (et audio) de l'activité spontanée de l'opérateur, avec une seule consigne transmise : la verbalisation à voix haute des réflexions et des raisonnements au cours de la réalisation de l'activité, en particulier ceux relatifs aux tâches d'ordonnancement. Deux caméras ont été placées à des endroits stratégiques, permettant d'avoir une vue globale de l'IDEC et de son environnement de travail (cf. figure 26).



Figure 26. Enregistrement de l'activité des infirmières coordinatrices (IDEC) au sein de leurs postes de travail.

Les données ont été recueillies au cours de quatre demi-journées d'intervention sur chaque site, correspondant à environ 18 heures d'enregistrements vidéo qui ont été traitées.

Au sein du SSIAD T, les missions d'ordonnancement sont accomplies principalement de manière ponctuelle. L'établissement des plannings a lieu une fois par mois, alors que l'affectation des AS aux différentes tournées s'effectue au début de chaque semaine. Évidemment, les plannings et les affectations sont également soumis à des réajustements, selon l'évolution de l'activité et l'apparition éventuelle d'événements imprévus. Dans le cadre de notre intervention, les journées sur le terrain ont été fixées de manière à cibler les créneaux dédiés aux deux missions d'ordonnancement.

Comme cela a été stipulé dans la procédure d'application de la méthode précédemment proposée, les verbalisations ont été retranscrites, puis divisées sous forme d'énoncés. Rappelons que les énoncés sont des unités courtes de verbalisation, véhiculant une idée avec une seule activité cognitive sous-jacente. Exemple : « *Je regarde sur quelle tournée ma soignante a déjà travaillé* ».

Ainsi, l'ensemble des résultats qui seront présentés ci-après portent sur un échantillon de 430 énoncés, qui ont été soumis au schème de codage pluridimensionnel, précédemment présenté.

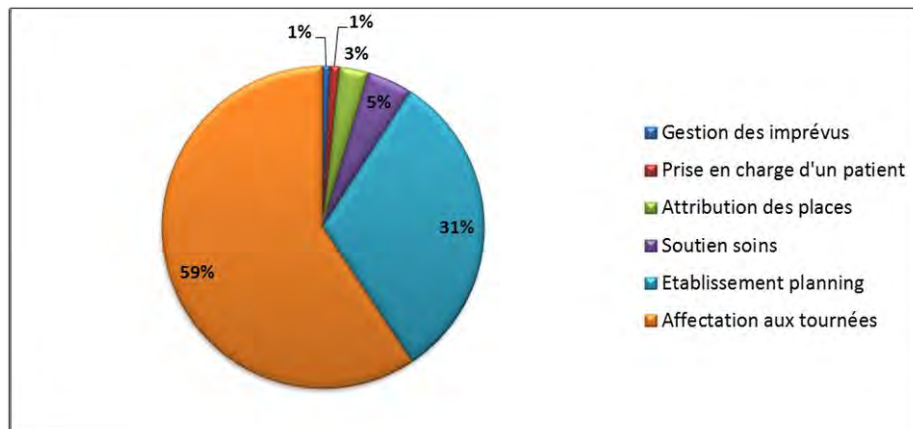
## 5. Résultats descriptifs

Tout comme la précédente étude auprès des exploitants de transport, ce sont quelques résultats descriptifs qui sont exposés dans un premier temps. La description détaillée et exhaustive de l'activité de l'IDEC ne constitue pas l'objectif premier de notre démarche. Par conséquent, les résultats descriptifs présentés portent uniquement sur les variables les plus incontournables de

la compréhension de la situation étudiée. Des résultats qui constitueront le socle de notre objectif d'analyse prioritaire, portant sur les processus cognitifs et la gestion de l'incertitude au cours des tâches d'ordonnancement. Dans un souci d'homogénéité entre les études, les résultats descriptifs proposés s'articuleront autour de quatre dimensions : la répartition des tâches, l'environnement matériel, les composantes et contraintes de l'ordonnancement ainsi que les sources de l'incertitude.

### 5.1. Répartition des tâches

La figure 27 met en exergue les principales tâches qui composent l'activité de l'IDEC au sein du SSIAD T. La répartition de ces tâches ne doit pas être prise en compte comme une donnée représentative, puisque l'intervention était ciblée sur des journées dédiées plus spécifiquement à l'activité d'ordonnancement. Nous retrouvons dès lors une surreprésentation des tâches d'établissement des plannings (31%) et de l'affectation des AS aux tournées (59%). Bien que la proportion de chaque tâche ne soit pas représentative de l'activité au quotidien, ce résultat permet tout de même de dresser une liste des principales tâches réalisées par l'IDEC. En plus des missions d'ordonnancement, nous pouvons noter : la gestion des imprévus, la prise en charge des patients, la gestion et l'attribution des places libres ou encore le soutien en termes de soins apportés aux familles ou aux AS, comme les principales tâches de l'infirmier coordinateur (probablement sous-représentées sur les journées enregistrées).



Enoncés	Nature des données	Activité et tâches			Codage prédicat-argument					Marqueurs psycholinguistiques	
		Phases	Tâche	Outil	Prédicat	Type-objet	But	Variable	Source	Connecteur (Donc, Si, Mais)	Echelle certitude

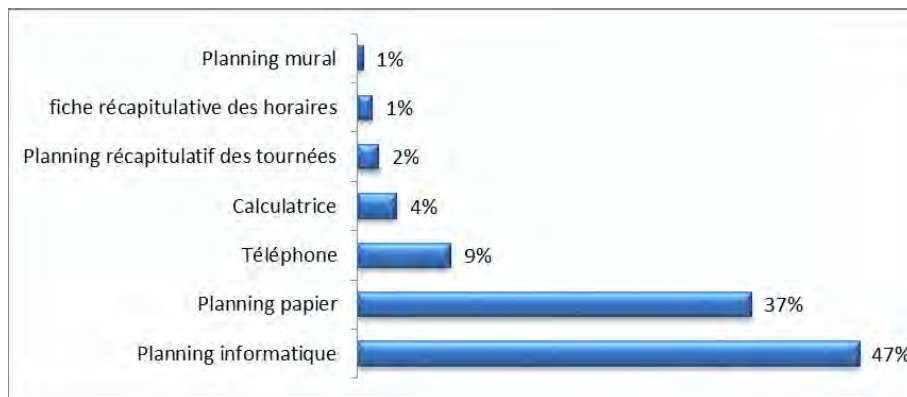
Figure 27. Principales tâches effectuées par l'infirmier coordinateur au SSIAD T.

### 5.2. Environnement humain et matériel de l'infirmier coordinateur

Pour l'accomplissement des tâches évoquées, l'IDEC dispose d'un certain nombre d'outils, présentés à travers la figure 28. Cet environnement matériel est notamment constitué de

différents supports de planning (informatique et papier), d'outils de communication tel que le téléphone ou encore des moyens de traçabilité, comme le « planning récapitulatif » qui recense l'historique des interventions de chaque AS sur les différentes tournées.

Ainsi, nous constatons que les outils les plus sollicités sont ceux qui permettent de construire l'ordonnancement, à savoir le planning informatique (logiciel de planification) et le planning sous format papier (47% et 37%). En s'intéressant de plus près à la nature de cette utilisation, nous avons remarqué que le planning papier représente le principal support de réflexion et de construction des plans, tandis que le logiciel informatique est utilisé une fois l'ordonnancement effectué, afin de transférer et d'informatiser les données. Disposant d'un système de détection de certaines erreurs (créneaux vides, doublons, etc.), le logiciel fait également office de moyen de vérification. Notons également que le planning mural, très utilisé dans certaines situations comme dans l'entreprise de transport M, n'est que très rarement exploité (1%). Son utilisation est réduite à un simple rôle de communication des plannings auprès du personnel.

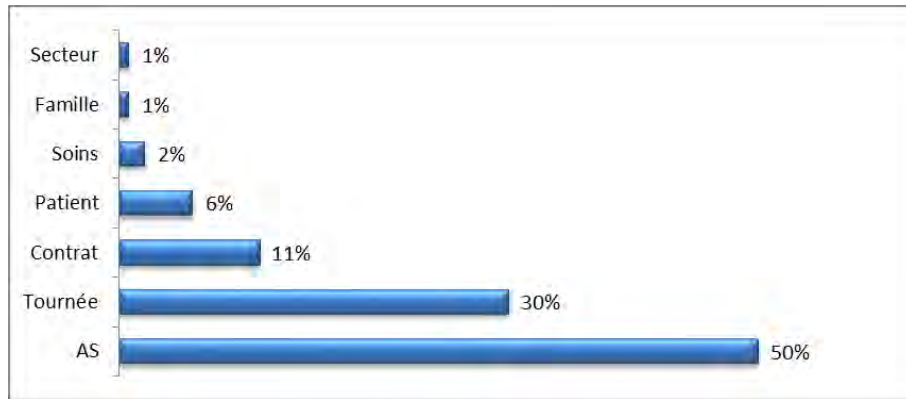


Enoncés	Nature des données	Activité et tâches			Codage prédicat-argument					Marqueurs psycholinguistiques	
		Phases	Tâche	Outil	Prédicat	Type-objet	But	Variable	Source	Connecteur (Donc, Si, Mais)	Echelle certitude

Figure 28. Principaux outils utilisés par l'infirmier coordinateur au SSIAD T.

### 5.3. Composantes et contraintes de l'activité de l'infirmier coordinateur

Une situation de travail peut être décrite à travers les objets physiques qui la composent. Dans le cadre de notre étude, ces éléments ont été répertoriés en codant l'objet de réflexion pour chaque énoncé. Parmi les objets les plus « manipulés mentalement » par l'IDEC, nous retrouvons les AS - qui font l'objet de la moitié des énoncés codés (50%) - ainsi que les tournées (30%) (cf. figure 29). Le contrat des AS, les patients et leur environnement familial, les soins ou le secteur géographique sont d'autres objets qui sont pris en compte au cours de l'activité de l'IDEC.



Enoncés	Nature des données	Activité et tâches			Codage prédicat-argument					Marqueurs psycholinguistiques	
		Phases	Tâche	Outil	Prédicat	Type-objet	But	Variable	Source	Connecteur (Donc, Si, Mais)	Echelle certitude

Figure 29. Principaux objets de réflexion de l'infirmier coordinateur au SSIAD T.

Afin d'approfondir la description de l'activité de l'IDEC, il est intéressant de distinguer les objets de réflexion pour chacune des tâches d'ordonnancement, à savoir « l'établissement des plannings » et « l'affectation aux tournées » (cf. figure 30). Ces résultats démontrent que pour établir les plannings mensuels, l'IDEC interroge principalement les déterminants « AS » (52%), « Contrat » (34%) mais aussi « tournées ». Le contrat stipule notamment le nombre d'heures de travail mensuel pour chaque AS, ce qui représente une donnée déterminante pour élaborer leurs plannings. À l'inverse, la présence de l'objet « tournée » (14%) dès cette phase, paraît plus surprenante. Celle-ci peut être interprétée comme une anticipation de l'IDEC, qui dès l'établissement des plannings, pense déjà à l'affectation des aides-soignants.

La mission d'affectation des AS aux tournées repose en toute logique sur le couple « AS - Tournée ». Il est tout de même intéressant de noter que pour certains cas isolés (1%), l'IDEC doit aussi prendre en considération les patients constituant les tournées, ainsi que le secteur géographique (1%). En recoupant ces résultats avec les observations sur le terrain, on peut expliquer la présence de ces éléments par la prise en compte de relations conflictuelles entre quelques AS et patients ; ou encore par les facilités ou difficultés que certains AS éprouvent à se rendre dans certains secteurs géographiques.

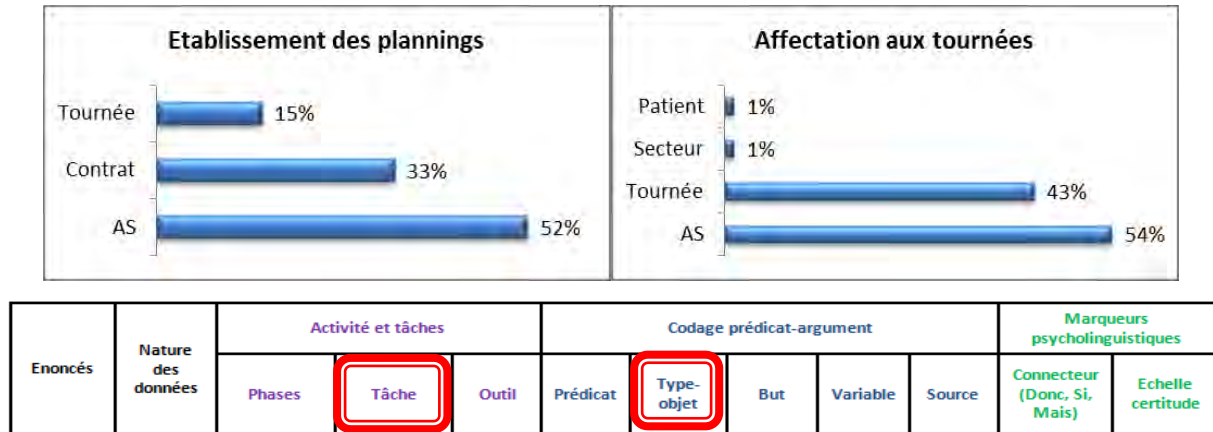


Figure 30. Principaux objets de réflexion selon les tâches d'ordonnancement.

Si la situation d'ordonnancement repose sur des objets – comme ceux qui viennent d'être présentés - elle comporte également un certain nombre de variables, qui correspondent aux contraintes liées à ces objets. À travers la figure 31, les variables spécifiques à chaque tâche ont été répertoriées.

Pour établir les plannings, nous pouvons remarquer que l'IDEC se réfère principalement à la disponibilité des AS (41%) et aux jours du mois (33%) ; il s'agit alors de définir qui va travailler, et quel jour. L'IDEC doit naturellement satisfaire tout autant la contrainte liée au nombre d'heures de travail, stipulée dans les contrats (20%).

En ce qui concerne l'affectation des AS aux tournées, la principale contrainte que nous puissions relever est la « précédence » (52%). Le terme de *précédence* désigne en réalité l'historique des affectations précédentes des AS aux différentes tournées. La prise en compte de cet historique à un niveau aussi significatif révèle toute la volonté des IDEC de maintenir une continuité, afin de préserver et de consolider les liens et les habitudes de collaboration établis entre AS et patients. Cependant, du fait de l'existence d'un turn-over important, cette continuité n'est pas toujours atteignable. Nous retrouvons également la variable « disponibilité » dans l'accomplissement de cette tâche (28%) - au même titre que la variable « jour » - à un niveau bien inférieur (2%). La variable « état affectation » correspond à l'état d'avancement de l'affectation à un instant  $t$  : une variable qui est fréquemment questionnée afin d'apporter des réajustements et de tendre vers un compromis optimal. La dernière variable attirant notre attention est la « fiabilité AS », qui traduit les différences de compétences entre les AS, qui sont plus ou moins implicitement prises en compte. Ces considérations interviennent notamment lorsqu'une tournée concerne un patient aux besoins ou aux comportements « atypiques ».



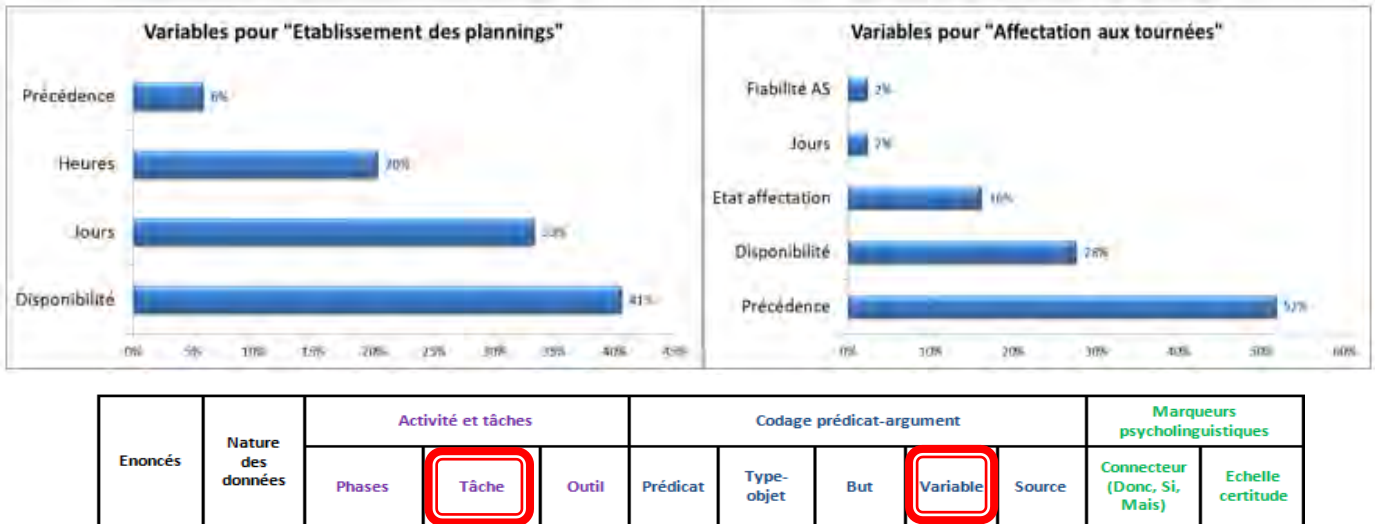


Figure 31. Principales variables selon les tâches d'ordonnancement.

#### 5.4. Sources et niveau d'incertitude dans l'activité de l'infirmier coordinateur

L'objectif de ce deuxième chapitre empirique consiste à identifier la variation de l'activité cognitive au cours de l'activité d'ordonnancement, selon la nature et surtout le niveau de l'incertitude. Pour ce faire, nous nous sommes basés sur une différence théorique de niveau d'incertitude, entre deux tâches d'ordonnancement, à savoir le « planning » (établissement des plannings) et le « dispatching » (affectation des AS aux tournées). Ainsi, d'après le postulat initial, l'incertitude doit être plus importante au cours de l'activité d'établissement des plannings. Une théorie que nous allons confronter à l'analyse des données du terrain dont les résultats sont présentés dans cette partie.

La détection des sources d'incertitude repose sur le traitement des marqueurs psycholinguistiques, intégrés dans le schème de codage. Il s'agit plus précisément du connecteur « Si », traduisant une incertitude lorsqu'il est employé dans sa fonction hypothétique (Caron-Pargue & Caron, 1989) et de l'échelle de certitude. Pour rappel, l'échelle de certitude a été construite à partir d'un questionnaire reprenant les 36 principaux verbes épistémiques et adverbes modaux qui ont été soumis aux infirmiers coordinateurs, dont les verbalisations ont été enregistrées. Dans ce questionnaire (échelle de Likert), il a été demandé aux IDEC d'attribuer une note entre 1 et 10 à chaque terme, selon le niveau de certitude que celui-ci exprime pour lui. Par exemple, une note de 3 sur 10 a été attribuée à l'expression « je pense que » et à l'adverbe « probablement », ce qui traduit une certaine incertitude. À l'inverse, « j'affirme que » ou « évidemment » ont reçu une note de 9 sur 10, révélant une certitude très élevée.

Afin de déceler les sources d'incertitude dans l'activité des IDEC, nous nous sommes intéressés aux énoncés présentant le connecteur « si » dans sa fonction hypothétique, ainsi qu'à ceux comportant un adverbe ou un verbe épistémique évalué dans l'échelle de certitude.

Les principales sources d'incertitude, détectées à travers l'emploi du connecteur « Si », sont présentées à travers la figure 32. Le constat est particulièrement éloquent : plusieurs sources d'incertitude sont détectées en lien avec les « ressources humaines », à savoir les aides-soignants. Le nombre d'énoncés comportant l'indicateur « si » est relativement faible (N=15), ce qui limite l'impact de ce résultat. Afin de vérifier le bien-fondé de ce constat, ces résultats ont été partagés avec les IDEC. Confortés dans leurs ressentis au quotidien, ces derniers ont alors confirmé l'existence d'un réel problème concernant la disponibilité des AS, dû à un nombre important d'arrêts de travail pour maladie avec des dates et des conditions de retour souvent incertaines. Ce qui représente 78% des verbalisations exprimant de l'incertitude.

Une autre source d'incertitude relève des aptitudes des AS. Cette incertitude liée aux « capacités » (11%) s'explique par un turn-over important au sein du SSIAD, qui vise notamment à pallier les nombreux arrêts-maladie. L'incertitude porte alors sur les aptitudes des futurs remplaçants à mener à bien leur mission et à maintenir une qualité de service dans la durée.

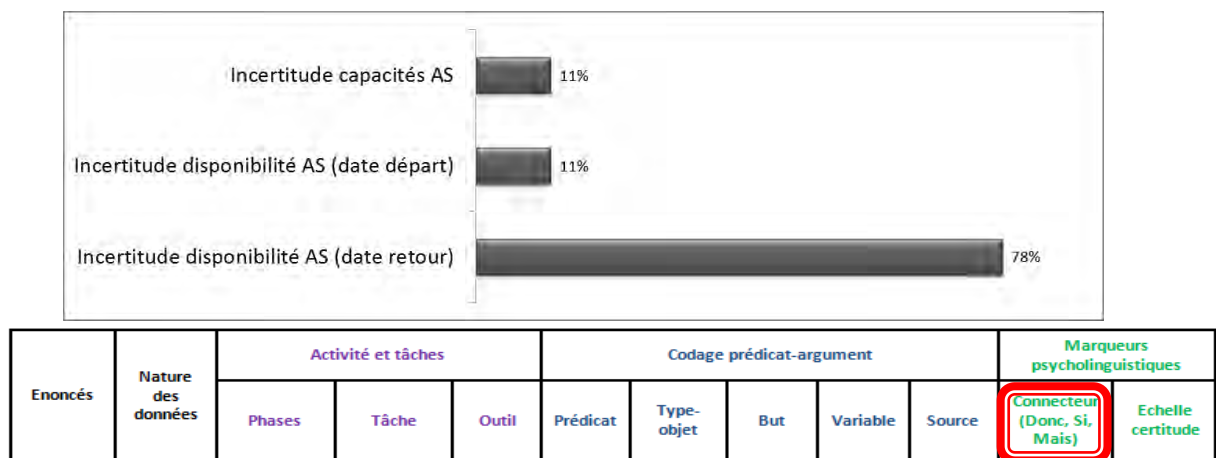
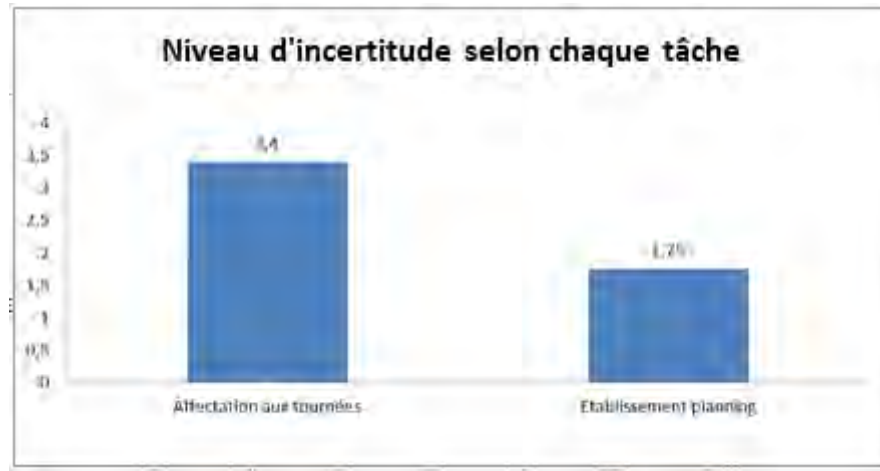


Figure 32. Principales sources d'incertitude dans le SSIAD T.

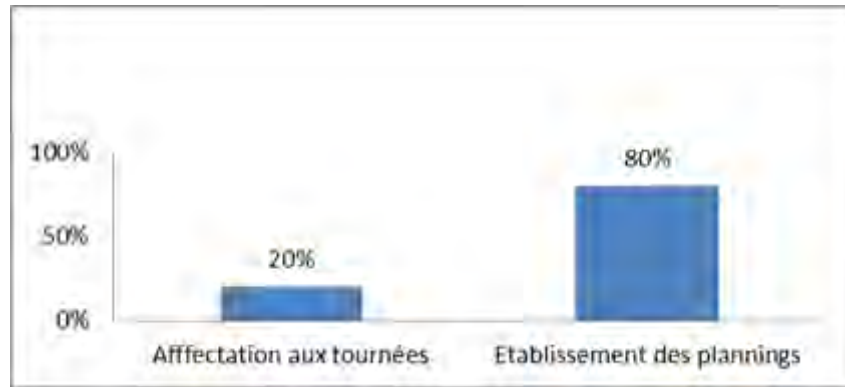
Après avoir discuté des principales sources d'incertitude dans l'activité globale des IDEC, il convient d'aborder la différence entre les deux tâches (établissement des plannings et affectation aux tournées). En se référant à la figure 33, nous constatons que le niveau d'incertitude se distingue amplement selon la tâche concernée. Basée sur l'échelle d'incertitude, ce résultat atteste une incertitude plus importante au cours de l'établissement des plannings (1,75 contre 3,4 pour l'affectation aux tournées). Ce résultat converge ainsi avec le postulat théorique.



Enoncés	Nature des données	Activité et tâches			Codage prédicat-argument					Marqueurs psycholinguistiques		
		Phases	Tâche	Outil	Prédicat	Type-objet	But	Variable	Source	Connecteur (Donc, Si, Mais)	Echelle certitude	

Figure 33. Niveau d'incertitude selon chaque tâche.

Cette tendance se confirme lorsque nous nous intéressons à l'ensemble des indicateurs d'incertitude, à savoir le connecteur « si » et les adverbess et verbes épistémiques évalués à moins de 3/10. En effet, 80% de ces indicateurs sont co-occurrents avec « l'établissement des plannings », alors que seulement 20% de ces indicateurs sont liés à « l'affectation aux tournées » (cf. figure 34). Au-delà des spécificités de ces deux tâches, il est également important de prendre en considération la chronologie de ces dernières. En effet, la tâche d'établissement des plannings étant située en amont de l'affectation aux tournées, l'opérateur aura tendance à anticiper et résoudre les problèmes liés à l'incertitude dès cette étape. Ce qui contribue à une réduction du niveau d'incertitude au cours de la phase d'affectation, comme peuvent en témoigner nos indicateurs psycholinguistiques.



Enoncés	Nature des données	Activité et tâches			Codage prédicat-argument					Marqueurs psycholinguistiques		
		Phases	Tâche	Outil	Prédicat	Type-objet	But	Variable	Source	Connecteur (Donc, Si, Mais)	Echelle certitude	

Figure 34. Répartition des indicateurs d'incertitude selon chaque tâche.

En nous basant à la fois sur l'analyse stratégique et l'analyse de l'activité, sous forme de codage des protocoles, nous sommes en mesure de dresser un portrait relativement détaillé de la situation d'ordonnancement au sein du SSIAD T. Par ailleurs, ces résultats descriptifs nous ont permis de valider, au niveau du terrain, l'existence d'une différence de degré d'incertitude entre les deux principales tâches d'ordonnancement, à savoir l'établissement des plannings et l'affectation des AS aux tournées. Il s'agit là d'un enseignement majeur, permettant de mettre en œuvre une démarche d'analyse cognitive inter-tâche autour de la dimension d'incertitude. Le tableau 14 récapitule l'ensemble de ces résultats, en adoptant à nouveau le cadre descriptif basé sur la typologie des situations d'ordonnancement.

Tableau 14. Description de la situation de planification au SSIAD T.

<b>Horizon temporel d'ordonnancement</b>	<b>Échéances opérationnelles :</b> J-15 pour établissement des plannings, J-7 pour affectation aux tournées Réordonnancement /Réajustements en fonction des besoins
<b>Conditions d'ordonnancement</b>	<b>Contraintes de ressources humaines :</b> Nombre d'AS (une vingtaine pour chaque structure) Contrats variables (limités à 120h max., sauf quelques exceptions), 8 types de contrats différents Réglementation : pas plus de 3 jours de travail d'affilés, minimum de 2 jours de repos en 14 jours Limites physiques et mentales des AS (niveau de pénibilité supporté) Préférence pour tournées habituelles Poids des contraintes différent selon la nature de la ressource (remplaçant/titulaire) Vœux/indisponibilités des AS <b>Contraintes temporelles :</b> Durée de poste (5h le matin, 3h le soir) Pas le même nombre de tournées le weekend <b>Contraintes d'exploitation :</b> Distances parcourues limitées (voitures en leasing) <b>Contraintes liées aux patients</b> Volonté de continuité avec les AS Fenêtre temporelle d'arrivée rigide (15mn en ville, 30 mn en milieu rural) <b>Contraintes environnementales :</b> Code de la Route
<b>Environnement d'ordonnancement</b>	<b>Environnement humain :</b> Planification individuelle, présence de collègues sur le site avec échanges ponctuels <b>Environnement matériel :</b> Planification manuelle avec assistance informatique Planning papier, planning mural, carnet des vœux, contrats de travail, plannings précédents, calculatrice, cartes
<b>Règles d'ordonnancement</b>	Affectation d'une place aux patients : nombre de soins par semaine (3 minimum), situation du patient, nature du soin (implicitement liée à la « rentabilité ») Élaboration des tournées : secteur géographique, besoins des patients (horaires, etc.), pénibilité/charge de travail. Affectation aux tournées : préférences patients, préférences AS (en priorité les remplaçants)
<b>Phases d'ordonnancement</b>	<b>Phase prédictive :</b> Réalisation des tournées, établissement des plannings, Affectation des tournées/AS. <b>Phase réactive :</b> Peu de réajustement/réordonnancement
<b>Indicateurs de performance</b>	Retours des patients sur la qualité du service Indicateur de ressource : nombre d'AT/AM Indicateur financier : Taux de remplissage du service, coût annuel des soins infirmiers externes (solutions en cas de nécessité, représentant un coût élevé) Indication sur les tournées : heure d'arrivée des AS, distance annuelle parcourue
<b>Exigences cognitives</b>	<b>Pression temporelle :</b> Rigidité importante des fenêtres temporelles des patients Nombre de visites par demi-journées de travail fixe <b>Les différents cycles temporels :</b> Décalages fréquents entre les cycles d'activité des AS et les demandes (rythme de vie) des patients
<b>Sources et types d'incertitude</b>	Incertitude importante sur les ressources humaines (disponibilité et fiabilité) Incertitude moindre quant à l'avancement du processus (imprévus, conditions météo-traffic, etc.). Incertitude plus importante au cours de l'établissement des plannings.

## 6. Les processus cognitifs selon l'incertitude

L'ensemble des résultats qui viennent d'être exposés permet aux lecteurs de mieux appréhender les spécificités de cette nouvelle situation d'étude. En nous basant sur ce socle descriptif, nous allons à présent nous intéresser aux processus cognitifs mis en jeu au cours des activités d'ordonnancement de l'IDEC. Comme pour la précédente étude, nous allons adopter dans un premier temps une approche d'analyse statique, basée sur les fréquences de différents types d'activités cognitives. Puis, nous mettrons le focus sur la dynamique temporelle de l'ordonnancement, en procédant à une analyse séquentielle de l'ordonnancement.

### 6.1. Approche statique

Afin de favoriser la confrontation inter-situationnelle des processus cognitifs, les résultats des deux situations d'ordonnancement seront présentés conjointement. Il s'agit donc de confronter l'activité cognitive mise en œuvre au cours des deux tâches d'ordonnancement de l'IDEC, à savoir l'établissement des plannings (tâche comportant un niveau d'incertitude plus important) et l'affectation des AS aux tournées.

À travers la figure 35, nous nous intéressons tout d'abord à la répartition générale des différentes classes d'activités cognitives, toujours en référence au modèle de Hoc et Amalberti (1999) (cf. figure 20, page 81). Les résultats laissent apparaître des disparités relativement importantes et statistiquement significatives ( $\chi^2(3, N=379)=9,831 ; p=.020$ ) entre ces deux tâches. Les activités d'élaboration d'information sont nettement plus nombreuses au cours de l'établissement des plannings (56% contre 31% pour l'affectation aux tournées), alors que les processus cognitifs relatifs aux décisions d'intervention sont plus marqués dans l'affectation des tournées (47% contre 31% pour l'établissement des plannings). Enfin, bien que les activités de diagnostic soient moins variables d'une situation à une autre, elles représentent tout de même un taux légèrement plus élevé dans l'établissement des plannings (13% contre 9% pour l'affectation aux tournées).

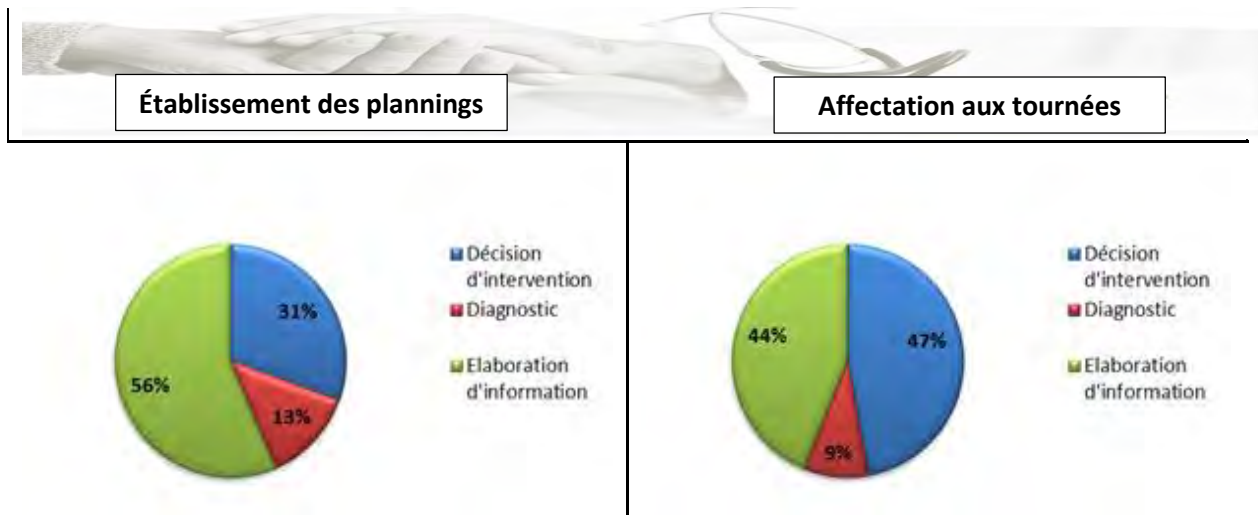


Figure 35. Répartition des différentes classes d'activité cognitive (prédicats) selon les tâches.

Après avoir analysé la répartition des classes d'activités entre les différentes situations, il convient d'accéder à un niveau plus détaillé, en présentant les résultats relatifs aux prédicats. La figure 36 retrace ainsi la proportion de chaque prédicat au sein des deux situations étudiées. De nombreux enseignements peuvent être tirés de ce graphique. Si la répartition des activités de diagnostic reste stable entre les deux tâches, des disparités sont mises en exergue pour les activités d'élaboration d'information et de décisions d'intervention.

Concernant les prédicats qui se réfèrent à l'élaboration d'information, nous remarquons que la distribution suit un schéma distinct dans chacune des deux situations. Nous notons que les prises d'information (PI) sont plus récurrentes que les activités de gestion d'information avec un objectif précis (GPI) (30% contre 24%) ; alors que cette distribution s'inverse dans le cadre de l'affectation aux tournées (PI : 16%, GPI : 28%).

Concernant les activités de diagnostic, dans les deux situations, les diagnostics précis (IDENT) sont plus fréquents que les diagnostics débouchant sur une incertitude (INFHYP). De plus, le rapport IDENT/INFHYP apparaît très similaire dans les deux situations, puisque l'on retrouve un rapport (en pourcentage) proche du simple au double dans les deux cas, à savoir : 8% d'IDENT et 4% d'INFHYP dans l'établissement des plannings ; et 5% d'IDENT contre 2% d'INFHYP dans l'affectation aux tournées.

A l'inverse des activités de diagnostic, les activités de décision d'intervention présentent des disparités entre les deux tâches. Alors que dans l'établissement des plannings, les décisions d'intervention schématiques (DECI-SCH) sont plus nombreuses que les décisions d'intervention précises (IDENT) (11% contre 5%), ce sont les « DECI-PRS » qui sont nettement plus importantes dans l'affectation aux tournées (DECI-PRS : 18%, DECI-SCH : 10%). Ce résultat très intéressant peut être attribué à la dimension d'incertitude, confirmant notre hypothèse de départ. En effet,

l'opérateur semble privilégier une planification moins « précise », dès lors qu'il doit faire face à une incertitude plus importante. Enfin, il convient de souligner une différence observée entre le niveau des activités d'autoévaluation mises en œuvre dans les deux tâches (13% pour l'établissement des plannings contre 18% pour l'affectation aux tournées). Ce résultat va à l'encontre de nos hypothèses de départ, puisque nous nous attendions à ce qu'un niveau d'incertitude plus élevé se traduise par davantage d'activité d'autoévaluation et de « vérification ». Nous supposons que cette différence peut s'expliquer par la chronologie de ces deux tâches, puisque l'affectation aux tournées a lieu après l'établissement des plannings. Les vérifications au cours de cette tâche représentent donc implicitement un moyen d'évaluer la pertinence de l'ensemble des décisions prises, au cours des différentes étapes d'ordonnancement.

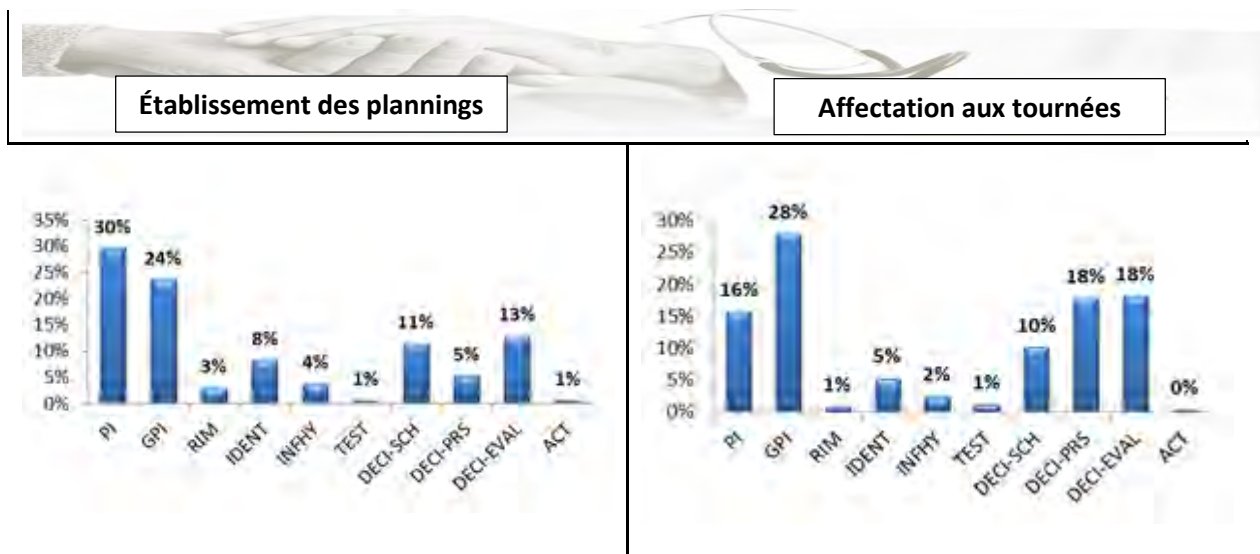


Figure 36. Répartition des différents prédicats selon les tâches.

Les résultats qui viennent d'être exposés décrivent tous l'activité cognitive à partir d'occurrences relevées en conditions réelles de travail. Bien que cette analyse fréquentielle nous ait apporté un nombre important d'enseignements, celle-ci ne permet pas d'accéder à la dimension « dynamique » ni à l'enchaînement des différents types d'activité au cours du processus d'ordonnancement.

En recentrant la démarche d'analyse autour d'une analyse séquentielle, nous allons dans la partie suivante focaliser notre intérêt non pas sur la répartition des activités cognitives, mais sur leur évolution dans le temps. La complémentarité entre l'approche statique et l'approche dynamique représentera un atout majeur, en vue d'une compréhension approfondie des processus cognitifs et leur évolution selon le niveau de l'incertitude.



## 6.2. Approche dynamique

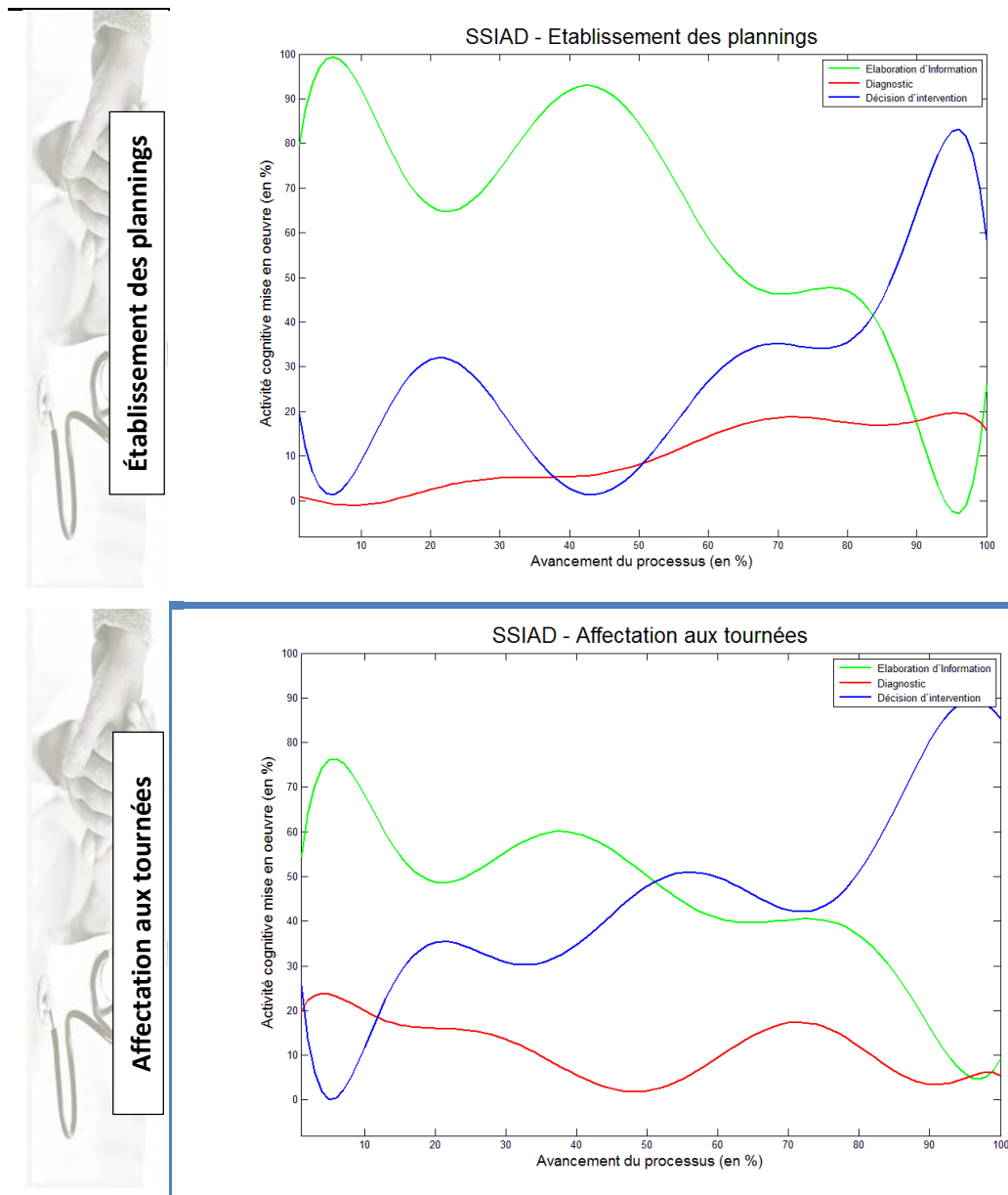
L'approche dynamique des processus cognitifs se base sur les séquences d'ordonnancement préalablement détectées parmi l'ensemble des données recueillies. Cette approche repose sur la même démarche de détection et d'analyse que celle décrite au cours du chapitre précédent.

Ainsi, à travers une analyse macroscopique des protocoles enregistrés, nous avons tout d'abord détecté un certain nombre de séquences d'ordonnancement non interrompues. Alors que le nombre de séquences prises en compte était de 17 dans le TRM, nous avons pu en déceler 34, de durées variables, au cours de l'intervention dans le SSIAD. Ce nombre, relativement important, s'explique notamment par le fait d'avoir ciblé volontairement les créneaux dédiés à l'ordonnancement. Les séquences retenues débutent systématiquement par la prise en charge d'une demande d'ordonnancement (nécessité de faire le planning d'un aide-soignant, d'intégrer un patient à une tournée, etc.) et se terminent par son dénouement. La nature du dénouement peut être différente. Il peut s'agir d'une affectation définitive, d'une planification provisoire ou même d'un report de la planification. Afin d'éviter l'inférence de tout autre tâche, l'ensemble des séquences sélectionnées est continu, c'est-à-dire que la réflexion de l'IDEC n'est à aucun moment interrompue par une seconde tâche.

La figure 37 présente, conjointement, l'évolution des processus cognitifs au cours des séquences d'ordonnancement dans le cadre des missions d'établissement des plannings et de l'affectation des AS aux tournées. Ce graphique, que nous avons intitulé « cheminement cognitif », repose sur 12 séquences d'ordonnancement pour l'établissement des plannings et 18 séquences d'affectation aux tournées. Les quatre séquences restantes n'ont pas été conservées dans cette analyse, puisqu'elles contenaient des interactions entre les deux tâches.

Tout d'abord, nous pouvons remarquer une évolution générale des courbes relativement proche dans les deux situations. Ainsi, au cours des deux tâches, ce sont les activités d'élaboration des informations qui sont majoritairement mises en œuvre, dans un premier temps. Ces activités décroissent au fil de l'avancement du processus d'ordonnancement, au profit des activités de décision d'intervention. De plus, comme pour l'étude dans le TRM, nous pouvons déceler, dans les deux situations, une inversion de ces deux courbes au milieu du processus. Cette inversion correspond à une volonté de renforcer la fiabilité de la décision d'intervention initiale, en reproduisant de nouvelles prises d'information. A l'inverse des deux classes d'activités évoquées, il apparaît difficile de déceler une évolution commune aux deux situations en ce qui concerne les activités de diagnostic. Alors que les diagnostics suivent une courbe régulière ascendante au cours

des séquences d'établissement des plannings (0% en début de processus, 20% à la fin), leur évolution semble plus aléatoire dans la situation d'affectation des tournées.



Afin de vérifier ces premiers constats « visuels » et de valider les résultats du point de vue statistique, nous avons soumis les données au test de corrélation de Pearson. Le tableau 15 récapitule les coefficients de corrélation pour chaque type d'activité entre les deux tâches. Plus une corrélation est forte entre deux distributions, plus le coefficient tend vers 1 ou -1 ; tandis qu'un coefficient de 0 est synonyme d'absence de toute corrélation. Un score positif traduit une corrélation positive (évolution dans un même sens), alors qu'un score négatif signifie une corrélation négative (évolution inversée). Enfin, une corrélation est considérée comme forte, si  $r > 0.5$  (Cohen, 1980).

Tableau 15. Coefficients de corrélation des activités cognitives entre les deux tâches dans le SSIAD.

	Coefficient de corrélation Pearson	Significativité
Activités « Élaboration d'information »	$r=0.9651$	$p=.000$
Activités « Diagnostic »	$r=-0.4052$	$p=.000$
Activités « Décision d'intervention »	$r= 0.8328$	$p=.000$

Cette approche statistique valide les enseignements tirés précédemment, puisque les activités « d'élaboration d'information » et de « décision d'intervention » présentent un coefficient de corrélation extrêmement élevé ( $r=0.96$ ,  $r=0.83$ ). La différence d'évolution des activités de diagnostic est également confirmée par une corrélation faible et négative ( $r= -0.40$ ).

Si l'évolution des activités cognitives suit des étapes identiques, il existe des écarts de niveau assez conséquents d'une situation à une autre. En se référant à nouveau à la figure 37, nous constatons que la phase d'élaboration d'information est beaucoup plus importante dans « établissement des plannings » et que l'émergence des « décisions d'intervention » est plus tardive. En effet, les courbes « d'élaboration d'information » et « décision d'intervention » se croisent plutôt en fin de processus dans le cas de l'établissement des plannings (à 80% de l'avancement du processus), alors que ce « croisement » a lieu beaucoup plus tôt dans l'affectation des tournées (à 50%). Cela révèle une exigence en matière de prise d'information moins accrue dans le cas de l'affectation des tournées, qui est la situation la moins affectée par l'incertitude. Un résultat particulièrement captivant, qui converge avec les enseignements issus de l'approche statique. Celui-ci semble confirmer un lien entre d'une part, le niveau de l'incertitude et d'autre part, l'ampleur et la durée de la phase de construction de la représentation mentale du problème, qui repose sur les activités d'élaboration d'information.

## 7. Discussion et conclusion de l'étude

Cette étude visait à mettre en évidence l'évolution des processus cognitifs mis en œuvre au cours de l'activité d'ordonnancement, selon le niveau de l'incertitude. En considérant l'incertitude comme un facteur important de complexité, nous avons émis plusieurs hypothèses quant aux résultats attendus.

Les résultats obtenus - issus d'une double approche statique et dynamique - ont permis de valider plusieurs hypothèses, alors que d'autres demeurent à ce stade à confirmer.

Tout d'abord, la situation la plus incertaine (établissement des plannings) s'est révélée être aussi la plus exigeante sur le plan de l'élaboration des informations. Une exigence qui se matérialise par une fréquence plus importante des activités d'élaboration de l'information, également plus prégnante au cours de l'avancement du processus.

Concernant les activités de diagnostic, les résultats obtenus vont également dans le sens des hypothèses. En effet, nous supposons que les activités de diagnostic seraient proportionnellement plus nombreuses lorsque l'incertitude serait plus marquée. Celles-ci représentent 13% des énoncés se rapportant à l'établissement des plannings contre 9% pour l'affectation aux tournées. Néanmoins, la seconde hypothèse concernant les activités de diagnostic ne peut pas être confirmée à ce stade. En effet, La répartition des activités de diagnostic ne présage aucune différence notable entre les deux tâches, puisque dans les deux cas, les diagnostics précis sont deux fois plus nombreux que les diagnostics schématiques (incertains).

Enfin, les processus de décision d'intervention détectés convergent partiellement avec nos suppositions initiales. La première hypothèse semble être confortée, puisque les décisions d'intervention schématiques sont deux fois plus nombreuses que les décisions d'intervention précises (11% contre 5%) dans le cadre de l'établissement des plannings ; alors que la tâche d'affectation aux tournées présente une distribution à l'opposé de celle-ci (10% d'INFHYP contre 18% d'IDENT). Cependant, alors que nous nous attendions à ce que les activités d'autoévaluation soient plus nombreuses au cours de l'établissement des plannings, nous avons été confrontés à un résultat contraire. En effet, c'est l'ordonnancement le moins incertain, l'affectation des AS aux tournées, qui comporte le plus d'activités d'autoévaluation (18% contre 13% pour l'établissement des plannings). Un constat que nous avons expliqué en partie par l'ordre chronologique des deux tâches, en soulignant que les activités de vérification au cours de l'affectation pouvaient également évaluer implicitement les plannings élaborés en amont.

Le tableau 16 récapitule les différentes hypothèses de départ, en différenciant celles qui ont été confirmées à travers les résultats obtenus de celles qui devront être testées par d'autres études expérimentales.

Tableau 16. Récapitulatif des hypothèses de l'étude confrontées aux résultats obtenus.

<b>Activités d'élaboration des informations</b>	<b>Activités de diagnostics</b>	<b>Activités de décisions d'intervention</b>
- Davantage d'activités d'élaboration des informations dans la situation la plus incertaine → <b>Validée</b>	- Davantage d'activités de diagnostics dans la situation la plus incertaine → <b>Validée</b> - Rapport diagnostics schématiques/diagnostics précis plus important dans la situation la plus incertaine → <b>Rejetée</b>	- Rapport décision d'intervention schématique/décisions d'intervention précises plus important dans la situation la plus incertaine → <b>Validée</b> - Davantage d'activités d'autoévaluation dans la situation la plus incertaine → <b>Rejetée</b>

Comme toute démarche de recherche scientifique, l'étude qui vient d'être présentée comporte son lot d'avantages et de limites. Au-delà des aspects méthodologiques, dont un bilan sera dressé dans la conclusion générale du manuscrit, il est important d'évoquer les avantages et inconvénients induits par une approche d'analyse en conditions réelles.

Les points forts d'une telle approche sont largement connus et reconnus dans la littérature. Se baser sur des données issues directement de situations écologiques permet d'être au plus près des préoccupations réelles des opérateurs. Transposer les résultats issus d'études en laboratoire à la réalité du terrain s'avère bien souvent périlleux, puisque les enjeux, les influences et les contraintes implicites sont réduits à des représentations simplistes. En adoptant une approche de terrain, cette étape de transposition est inhibée et les résultats revêtent une validité écologique d'autant plus importante.

La variable indépendante, c'est-à-dire le niveau de l'incertitude, a été manipulée à travers deux situations d'ordonnancement au sein d'une même structure. La mise en place d'une comparaison inter-tâches et intra-sectorielle, nous a permis d'éviter un certain nombre de biais, liés notamment aux variables interpersonnelles. L'expertise est un exemple éloquent de caractéristiques personnelles, influençant considérablement la performance et les stratégies d'ordonnancement (Cellier, Eyrolle & Mariné, 1997 ; Cowling, 2001 ; Cegarra & Hoc, 2005).

Néanmoins, cette approche comporte des limites, dont une est particulièrement prégnante. En effet, bien que nous ayons identifié l'incertitude comme une dimension discriminante entre les deux tâches d'ordonnancement, nul doute que d'autres facteurs puissent également différer d'une situation à l'autre. Des éléments qui pourraient, au même titre que l'incertitude, expliquer en partie l'évolution des processus cognitifs entre les deux situations. Ce risque, complètement

inhérent aux analyses en conditions réelles, nous contraint à faire preuve de mesure et de précaution et proscrit toute interprétation hâtive. Pour parer ce biais, la solution serait de compléter cette étude par un travail en laboratoire. En effet, seules les conditions de simulation permettent d'isoler et d'évaluer une variable de manière (toutes autres conditions étant égales par ailleurs).

La reconnaissance de l'ordonnancement en tant qu'activité complexe n'est pas une nouveauté. C'est pourquoi quel que soit le domaine d'activité, de nombreux outils d'aide à la prise de décision ont été conçus pour assister l'opérateur dans cette mission (concernant les SSIAD, voir Begur, Miller & Weaver, 1997 ; Eveborn et al., 2006 ; Bertels & Fahle, 2006). Cependant ces outils, intégrant des algorithmes de calculs, élaborés à partir de caractéristiques structurales de la tâche, ne s'avèrent pas toujours efficaces (Ben Bachouch, Fakhfakh, Guinet & Hajri-Gabouj, 2009). Une prise en compte plus importante de l'activité cognitive de l'opérateur pourrait alors représenter une avancée dans la quête d'une meilleure collaboration Homme-Machine. Pour compléter nos contributions dans ce sens, il conviendrait également d'analyser le comportement cognitif de l'opérateur, dans les situations critiques où il est amené à résoudre un problème important, lié notamment à l'incertitude. Cette démarche sera précisément déployée au cours du chapitre suivant.

## Chapitre 4

L'évolution des processus cognitifs selon l'incertitude : le cas de l'ordonnancement dans les services de soins infirmiers à domicile

# Chapitre 5

## Stratégies de gestion de l'incertitude dans les cas critiques d'ordonnancement

---

Au cours des chapitres empiriques précédents, nous nous sommes intéressés aux processus cognitifs sur lesquels repose l'activité d'ordonnancement. Cette activité cognitive, permet notamment à l'ordonnanceur de gérer l'incertitude, qui représente l'une des principales dimensions des situations d'ordonnancement (cf. la typologie proposée). Les variations de l'activité cognitive en fonction du niveau et de la nature de l'incertitude, exposées au chapitre précédent, ont notamment permis d'illustrer cette gestion constante de l'incertitude. Cependant, si l'incertitude est inhérente à l'activité et qu'elle est continuellement prise en compte au cours de l'ordonnancement, il arrive parfois que celle-ci devienne un « facteur bloquant » de l'action de l'opérateur (Van Daele & Carpinelli, 2001). Dès lors, un processus de résolution de problème est déployé par l'ordonnanceur, afin de franchir l'obstacle lié à l'incertitude et de poursuivre son activité, en l'occurrence l'ordonnancement. Ainsi, après avoir détecté un élément imprévu qui est source d'incertitude, l'opérateur humain est capable de « l'absorber » en trouvant une solution acceptable. Il s'agit là de la définition même de la résilience, dont l'opérateur humain représente un pilier dans les systèmes visant à gérer les situations dynamiques (Ouedraogo, Enjalbert & Vanderhaegen, 2013).

Dans le cadre du présent chapitre, l'objectif est précisément d'étudier la gestion des cas critiques d'incertitude, en s'intéressant plus spécifiquement aux stratégies de « coping » qui y sont mises en place.

Pour ce faire, nous avons tout d'abord défini un modèle théorique de gestion de l'incertitude. Ensuite, une méthode objective de détection des cas critiques a été élaborée, puis appliquée à l'ensemble des protocoles recueillis dans les secteurs étudiés, à savoir, le TRM et le SSIAD. Enfin, les résultats issus du terrain ont été confrontés au modèle théorique, en faisant émerger de nouvelles contributions scientifiques.



## 1. Modèle théorique de gestion de l'incertitude

Les stratégies pour faire face à l'incertitude ont souvent été recensées en lien avec un terrain spécifique (par ex : Cegarra, 2001 ; Spérandio, 1977). De plus, à notre connaissance, il n'existe pas de modèle cognitif dédié spécifiquement à la gestion de l'incertitude dans le cadre du problème d'ordonnement. C'est pourquoi nous devons nous satisfaire de modèles plus généralistes, se référant à la prise de décision et à la résolution de problème. Ce qui n'est pas dénué de sens, puisqu'en introduction nous avons défini l'ordonnement comme un cas de résolution de problème, et plus précisément, de problème de conception.

Concernant les modèles de gestion de l'incertitude, le modèle de Lipshitz et Strauss (1997) demeure parmi les plus référencés. En se basant sur les stratégies déployées pour faire face à l'incertitude, rapportées par 102 étudiants en prise de décision dans l'Armée, les auteurs ont répertorié les stratégies suivantes :

**Réduction.** La réduction de l'incertitude peut être réalisée simplement par la recherche d'informations complémentaires. Il peut s'agir également de prendre des décisions précises à court terme et de moins en moins précises à long terme lorsque la situation est évolutive. Les opérateurs peuvent également simuler mentalement le déroulement de la situation pour se construire une représentation de l'état futur, même si cela peut impliquer un coût cognitif important (voir aussi Cegarra & Hoc, 2008).

**Raisonnement à partir d'une hypothèse.** Il s'agit ici d'insister, non pas sur le test d'une hypothèse, mais sur le fait que l'opérateur réalise un choix parmi plusieurs options. Par exemple dans le pilotage d'avions de chasse, en cas d'incertitude, le pilote peut prendre une hypothèse à la fois probable et a priori la plus risquée (Cohen, Tolcott & McIntyre, 1987).

**Peser le pour et le contre.** Dans le cas où plusieurs solutions sont envisageables, un opérateur peut essayer d'évaluer les solutions. Les travaux princeps de Bruner, Goodnow et Austin (1953) ont identifié que les sujets privilégient généralement les solutions qui minimisent l'incertitude des résultats.

**Préparation.** Les opérateurs peuvent considérer l'événement incertain comme s'il pouvait réellement se réaliser, et préparer la situation en conséquence. Il s'agit d'une stratégie de nature robuste, où l'opérateur cherche à prendre en amont des décisions qui permettront de faire face à l'événement redouté. Par exemple, nous pouvons citer les anesthésistes qui anticipent les événements indésirables au bloc opératoire ; et qui organisent l'opération en fonction de ces événements potentiels en raison de leur gravité (Xiao, Milgram & Doyle, 1997).

**Suppression.** Une dernière stratégie consiste à ignorer entièrement l'incertitude. Par exemple dans le cas d'outils informatisés, ceux-ci peuvent véhiculer des informations incomplètes ou erronées ; mais l'opérateur peut cependant les considérer comme certaines. Il peut également s'agir de l'occurrence d'un événement qui peut être ignorée, notamment si les conséquences sont récupérables (Amalberti & Deblon, 1992).

À partir de ces stratégies, Lipshitz et Strauss (1997) ont proposé l'**heuristique R.A.W.F.S<sup>9</sup>**, pour en décrire l'enchaînement. Selon ces auteurs, un expert va d'abord tenter de comprendre, reconnaître ou donner du sens à une situation (Klein, 2008). Si des informations sont manquantes, l'expert va alors chercher à réduire cette incertitude, notamment en consultant d'autres sources (Réduction). Si l'expert dispose d'une solution, il peut simuler son exécution pour évaluer les conséquences (Raisonnement à partir d'une hypothèse). Par contre, s'il dispose de plusieurs solutions il peut alors comparer leurs avantages et inconvénients (Peser le pour et le contre). Si l'expert n'a pu trouver une solution ou n'arrive pas à faire un choix, il peut alors ignorer l'incertitude (Suppression), la préparer (Préparation) ou générer une nouvelle solution (cf. Figure 38).

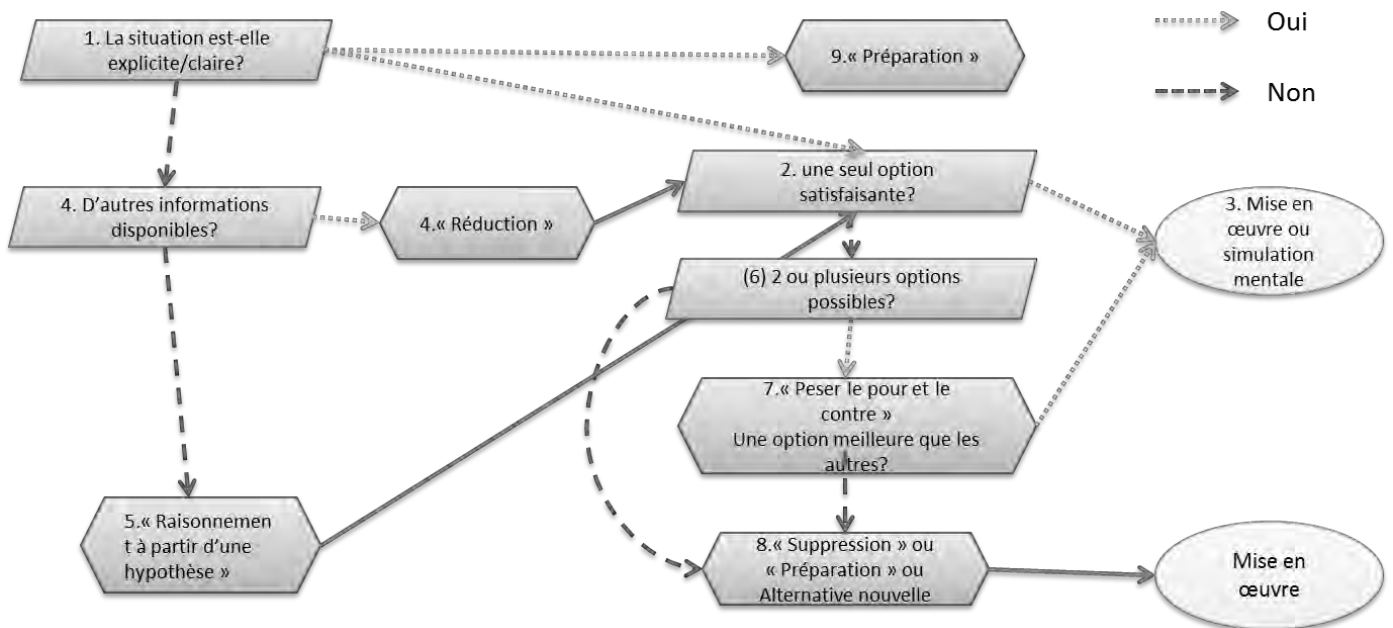


Figure 38. Heuristique RAWFS (tiré de Lipshitz et Strauss, 1997).

Cette heuristique, régulièrement citée dans le courant NDM, a pourtant été élaborée sur la base d'une méthode ayant de nombreuses limites, notamment parce qu'elle se fonde sur des sources perfectibles, des rapports rétrospectifs d'événements, qui conduisent à faire émerger des souvenirs issus de la mémoire à long terme plutôt que du déroulement de l'activité (Ericsson &

<sup>9</sup> RAWFS : *Reduction, Assumption-based reasoning, Weighting pros and cons, Forestalling, Supression.*

Simon, 1984). Il est donc pertinent de proposer une méthode novatrice pour identifier et analyser les stratégies de gestion de l'incertitude, en se fondant notamment sur un modèle-cadre de l'activité cognitive. Un tel modèle permettant de mieux appréhender les subtilités des processus cognitifs en conditions réelles.

## 2. Détection des cas critiques de gestion de l'incertitude

Les stratégies de gestion de l'incertitude ne peuvent être analysées si, au préalable, les séquences pertinentes n'ont pas été détectées. Dans une démarche d'analyse fine, nous postulons que la détection de ces séquences ne peut reposer uniquement sur des éléments arbitraires à un niveau macroscopique. À l'inverse, ce sont des éléments objectifs et issus des représentations mentales de l'opérateur qui doivent alerter de l'amorce de la séquence. Pour définir ces modalités, il faut notamment se référer aux sources d'incertitude qui ont été mises en lumière au cours des chapitres précédents. Pour détecter la prise de conscience d'une situation d'incertitude par l'exploitant, nous avons déterminé trois indicateurs issus du schème de codage appliqué.

Le premier indicateur repose précisément sur les principales sources d'incertitude spécifiques à chaque secteur, issues des indicateurs psycholinguistiques. Dans le cadre du TRM, la principale source d'incertitude était la demande du client (cf. figure 19, chapitre 3, page 82). Ainsi, lorsque pour un énoncé codé l'objet de la réflexion de l'opérateur sera le « client », alors nous pourrions juger que la situation présente une incertitude potentielle.

L'échelle de certitude représente le deuxième indicateur de la détection d'une séquence pertinente. Pour rappel, un questionnaire reprenant les 36 principaux verbes épistémiques et adverbies modaux a été soumis à l'ensemble des ordonnanceurs dont les verbalisations ont été enregistrées. Dans ce questionnaire (échelle de Likert), il est demandé au sujet d'attribuer une note entre 1 et 10 à chaque terme, selon le niveau de certitude que celui-ci exprime pour lui. Par exemple, une note de 3 sur 10 a été attribuée à l'expression « je pense que » et à l'adverbe « probablement », ce qui traduit une certaine incertitude. À l'inverse, « j'affirme que » ou « évidemment » ont reçu une note de 9 sur 10, révélant une certitude très élevée. Ainsi, en se basant sur les résultats du questionnaire, une échelle de certitude a été élaborée, puis intégrée dans le schème de codage. Ainsi, lorsqu'un énoncé comporte un terme avec un score de certitude inférieur à 5, nous considérons que celui-ci témoigne de l'incertitude.

Enfin, le troisième et dernier indicateur correspond à l'occurrence du prédicat Inférence Hypothèse (INFHYP). En effet, ce prédicat code, par définition, une activité de diagnostic

débouchant sur une hypothèse. De fait, il exprime l'incertitude présente dans la représentation mentale de l'opérateur.

Pour détecter une situation de gestion d'incertitude, nous avons établi la règle suivante : lorsqu'un même énoncé comporte deux indicateurs sur les trois précédemment définis, alors il sera considéré comme le départ d'une séquence de gestion de l'incertitude. Le tableau 17 présente un exemple d'énoncé considéré comme la prise de conscience d'une situation incertaine par l'opérateur. Dans cette situation, nous constatons que parmi les trois indicateurs spécifiés, deux sont présents. Il s'agit du prédicat INFHYP et du verbe « ne sait pas », évalué à 2/10 dans l'échelle de certitude.

Tableau 17. Exemple de détection d'un énoncé traduisant une situation incertaine.

Énoncé	Dimension « prédicat-argument »		Dimension psycholinguistique	
	Prédicat	Type-objet	Connecteur « si »	Échelle certitude
<i>donc on ne sait pas...s'il va pouvoir charger ce soir ou non.</i>	INFHYP	Conducteur		« ne sait pas si » : 2/10

La détection d'une source d'incertitude ne représente qu'une étape initiale dans notre démarche d'analyse. Celle-ci se poursuit et prend tout son sens, à travers l'analyse des stratégies elles-mêmes.

### 3. Stratégies de gestion de l'incertitude

Les indicateurs ont permis de déceler six séquences de gestion de l'incertitude critiques dans nos données. Ces cas proviennent exclusivement du secteur du TRM. En réalité, ce résultat n'est pas surprenant et s'explique par plusieurs éléments. Tout d'abord, le secteur du TRM était le secteur présentant la plus grande variabilité de sources d'incertitude. De plus, ce secteur était soumis à une dynamique importante en comparaison avec la situation d'ordonnement dans le SSIAD, considérée comme statique. Enfin, la durée d'intervention et le nombre d'énoncés codés dans le TRM étaient plus importants, ce qui augmente considérablement la probabilité d'apparition de cas critiques de gestion de l'incertitude.

Il convient d'apporter quelques précisions sur la nature de ces séquences. En effet, il ne s'agit pas d'un doute exprimé succinctement par l'opérateur quant à une information perçue ou une décision prise. Si tel était le cas, il est évident que le nombre de séquences serait nettement plus

élevé sur les 60 heures d'activité enregistrée. Chaque séquence correspond à un processus complet de résolution de problème sous incertitude. Cette démarche, qui s'apparente finalement à une étude de cas, s'inscrit dans une approche avant tout qualitative.

Parmi ces séquences, quatre présentent une incertitude qui porte sur les informations mises à disposition de l'exploitant, comme par exemple la demande du client. Concernant les deux autres séquences, il s'agit de situations dans lesquelles la source de l'incertitude relève plutôt de l'avancement du processus. Quatre des six séquences détectées sont présentées ci-après. Les deux autres séquences avec des caractéristiques tout à fait semblables aux autres, ne seront pas présentées. Cependant, celles-ci seront prises en compte dans la synthèse générale des résultats.

Pour chacun de ces cas, nous avons analysé, puis représenté de manière chronologique les différentes stratégies mises en place par l'opérateur pour faire face à l'incertitude. Pour rappel, les cinq principales stratégies de gestion de l'incertitude représentées se réfèrent au modèle de Lipshitz et Strauss (1997), défini précédemment. Enfin, nous avons également représenté le(s) type(s) d'activités cognitives (prédicats-arguments) sous-jacentes à chaque stratégie. Cette mise en relation vise à mettre en lumière d'éventuelles correspondances entre les stratégies de gestion de l'incertitude et les différentes activités cognitives.

➤ **Séquence 1** : incertitude portant sur les informations

Contexte : Il s'agit d'une incertitude concernant la demande d'un client pour le lendemain. L'exploitant ne sait pas combien de camions réserver pour son client, mais il doit tout de même avancer dans son ordonnancement. S'il bloque un nombre trop important de véhicules pour ce client et que finalement la demande de celui-ci se révèle inférieure, il risque alors de se retrouver avec des conducteurs sans transport. À l'inverse, s'il se base sur un nombre trop faible, il s'expose alors à un mécontentement de son client dont la demande n'aura pas été satisfaite.

Chronologie de la gestion :

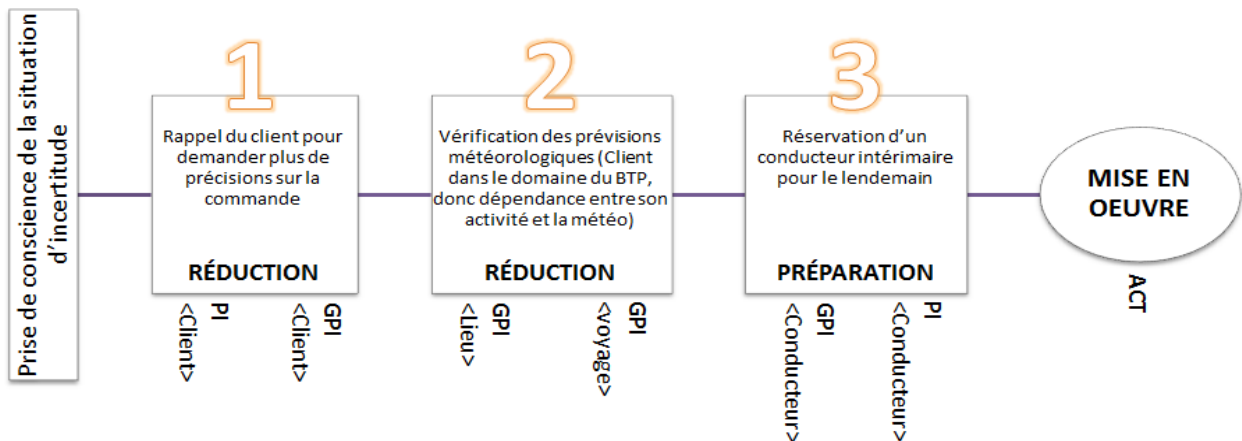


Figure 39. Chronologie de la gestion de l'incertitude, Situation 1.

➤ **Séquence 2** : Incertitude portant sur les informations

Contexte : le client souhaite réserver plusieurs véhicules par jour, pendant plusieurs semaines, afin de réaliser des transports sous forme d'inter-sites (navettes) dans le sud de la France. Cependant, les chauffeurs étant obligés de rentrer en fin de journée au dépôt, l'enjeu pour l'exploitant est de savoir s'il sera possible de trouver des lots pour que les retours ne s'effectuent pas à vide. De cet élément incertain dépend l'acceptation ou non de la demande du client.

Chronologie de la gestion :

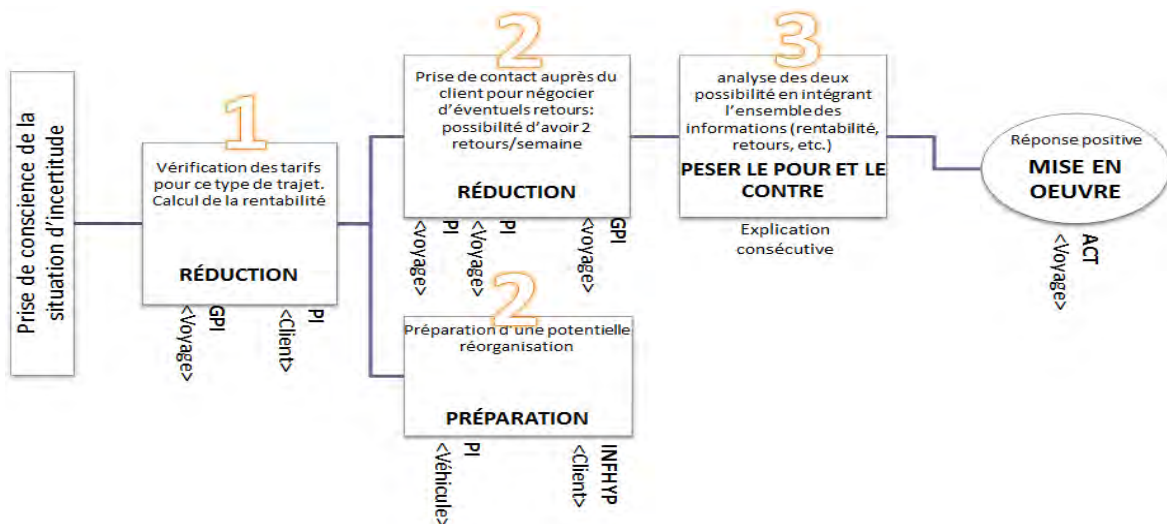


Figure 40. Chronologie de la gestion de l'incertitude, Situation 2.

➤ **Séquence 3** : Incertitude portant sur les informations

Contexte : Deux camions se dirigent vers un lieu de chargement chez un client, un jeudi après-midi. Le chargement doit absolument être fait avant la fin de la journée (heure de fermeture), afin que les deux conducteurs puissent arriver et décharger à destination – quelques centaines de kilomètres plus loin – avant la fin de la semaine (le vendredi soir). Or, à cause d'un retard de déchargement chez le client précédent, les deux conducteurs accusent un certain retard et l'exploitant ne peut savoir s'ils arriveront à destination à temps, avant la fermeture. En cas de retard, ceux-ci doivent recharger le vendredi matin et ils pourront terminer leur transport seulement le lundi de la semaine suivante, ce qui remet en cause tout l'ordonnancement de la semaine à venir.

Chronologie de la gestion :

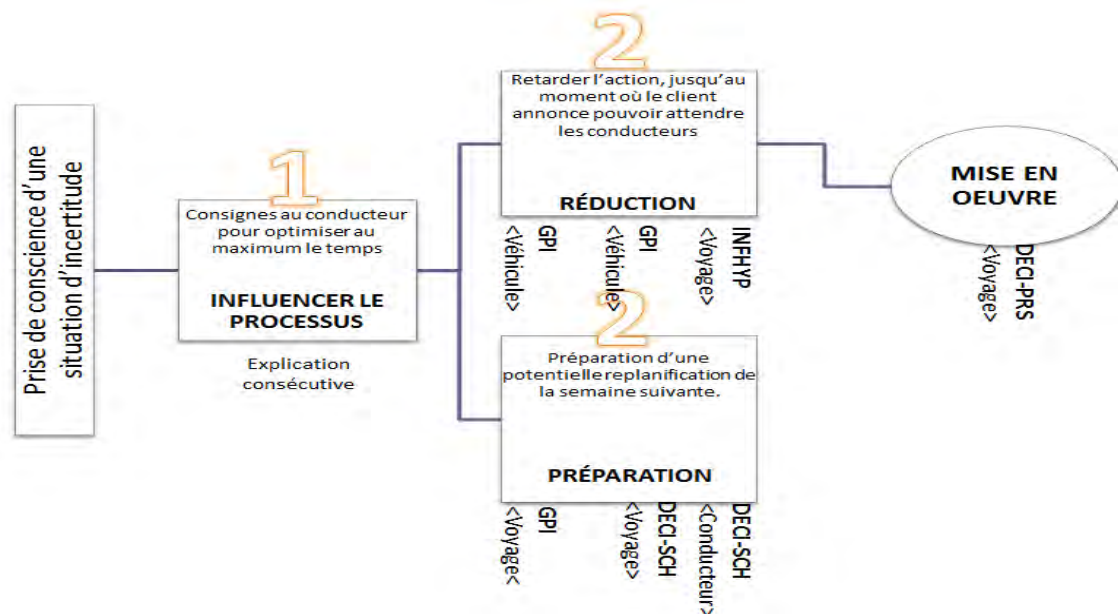


Figure 41. Chronologie de la gestion de l'incertitude, Situation 3.

➤ **Séquence 4** : Incertitude portant sur l'avancement du processus

Contexte : l'exploitant prend connaissance d'une demande non prévue et provenant d'un client important, pour le jour J. Il n'a pas de conducteur disponible. Il doit alors affecter le transport à l'un des conducteurs en cours de réalisation d'une tournée. Cependant, les heures de conduite autorisées par conducteur et par jour, sont légalement limitées. Ainsi, selon l'avancement du processus de transport, l'exploitant n'est pas certain que celui-ci dispose d'assez de temps de conduite pour assurer aussi bien son transport initial que le transport supplémentaire qui lui serait affecté.

Chronologie de la gestion :

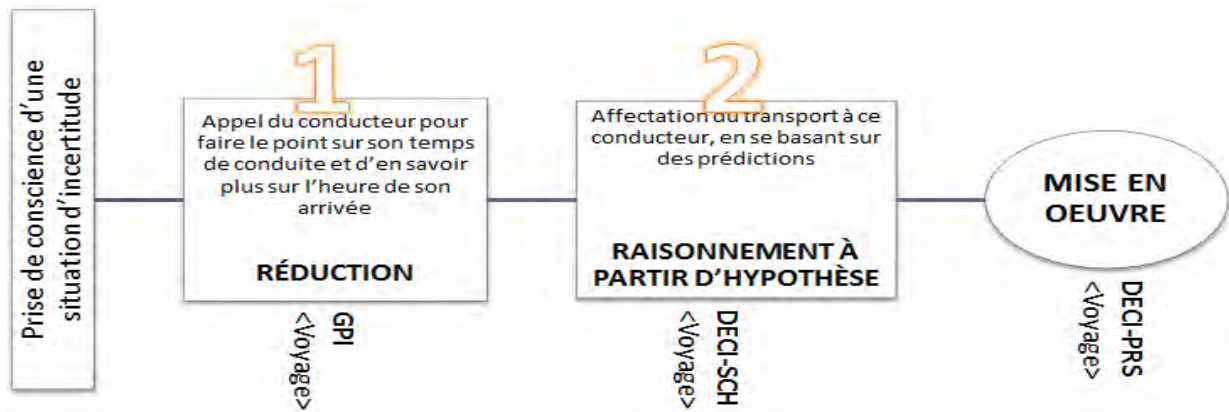


Figure 42. Chronologie de la gestion de l'incertitude, Situation 4.

#### 4. Synthèse des résultats

La méthode présentée nous permet de mettre en parallèle les différents cas de gestion de l'incertitude observés sur le terrain, d'une part, et l'heuristique R.A.W.F.S (Lipshitz & Strauss, 1997), d'autre part. Le premier constat est l'existence d'une cohérence globale du modèle avec les observations issues du terrain. En effet, l'ordre de mise en œuvre des stratégies est globalement respecté, puisqu'à titre d'exemple, la stratégie de « réduction » est systématiquement privilégiée dans un premier temps, comme cela est stipulé dans le modèle. À l'inverse, d'autres éléments résultant de notre analyse ne semblent pas avoir été pris en compte dans l'heuristique R.A.W.F.S. Ces éléments peuvent être présentés autour de cinq points principaux :

- D'après le modèle de référence, dans un premier temps, l'opérateur s'interroge systématiquement sur la possibilité de réduire l'incertitude (en obtenant de nouvelles informations, par exemple). Or, nos résultats montrent que pour la majorité des cas, la stratégie de « réduction » est systématiquement mise en œuvre. La séquence 4 témoigne de cette « réduction immédiate ».
- Selon le modèle, chaque stratégie n'est mise en œuvre qu'une seule fois. En cas d'échec, l'opérateur est censé mettre en œuvre une stratégie différente. Toutefois, nous constatons qu'il est possible que l'opérateur mette en œuvre une stratégie exercée à plusieurs reprises, en modifiant l'objet de sa réflexion (par exemple dans les séquences 1 et 2). Un phénomène de bouclage peut alors s'appliquer à chaque stratégie.
- L'heuristique développée par Lipshitz et Strauss (1997) représente l'enchaînement des stratégies de manière linéaire. Or, dans plusieurs séquences (2 et 3), nous observons la mise en œuvre de deux stratégies simultanément. Le parallélisme dans la mise en œuvre



des stratégies semble un phénomène essentiel à prendre en considération dans la gestion de l'incertitude.

- En ce qui concerne les situations où l'incertitude porte sur les informations, l'ensemble des stratégies perçues sur le terrain correspondent à celles présentes dans le modèle. Cependant, lorsque l'incertitude porte sur l'avancement du processus, nous avons détecté une stratégie qui ne fait pas partie du modèle. Il s'agit de la stratégie « influencer le processus », qui consiste en une intervention active de l'opérateur afin de modifier l'évolution de la situation. Une stratégie qui repose par ailleurs sur un comportement dévié, puisque l'exploitant encourage implicitement le conducteur à prendre des risques afin d'arriver dans les délais prévus (cf. séquence 3, figure 41). Ainsi, ce procédé peut être considéré comme un non-respect volontaire de la prescription, et peut en ce sens, être comparé avec d'autres travaux sur la violation (Voir Amalberti, 2009 ; Vanderhaegen & Petersen, 2007).
- Enfin, dans les conclusions de son étude, Lipshitz et Strauss (1997) considèrent que la stratégie de « suppression » devrait être fréquemment utilisée dans les conditions réelles de travail. Or, dans le cadre de notre étude, il s'avère que lorsqu'une source d'incertitude est intégrée dans la représentation mentale de l'exploitant, à aucun moment celui-ci ne cherche à passer outre ou à la gérer au hasard. À l'inverse, l'enjeu d'une prise de décision en conditions réelles amène l'opérateur à tout mettre en place afin d'éviter la stratégie de « suppression ». Pour illustrer cela, notons que dans les situations étudiées - y compris celles qui ne sont pas représentées - cette stratégie n'a jamais été utilisée. Cependant, il faut rester prudent quant à une invalidation de cette stratégie, puisque dans des environnements où la pression temporelle serait nettement plus importante, la suppression pourrait se révéler pertinente.

En intégrant l'ensemble des enseignements issus de l'analyse de l'activité de l'exploitant, il est possible de suggérer une nouvelle version de l'heuristique R.A.W.F.S. (Figure 43). Si celle-ci tend à être plus complète, elle doit encore être confrontée à son tour à de nouvelles études, dans des environnements de travail différents.

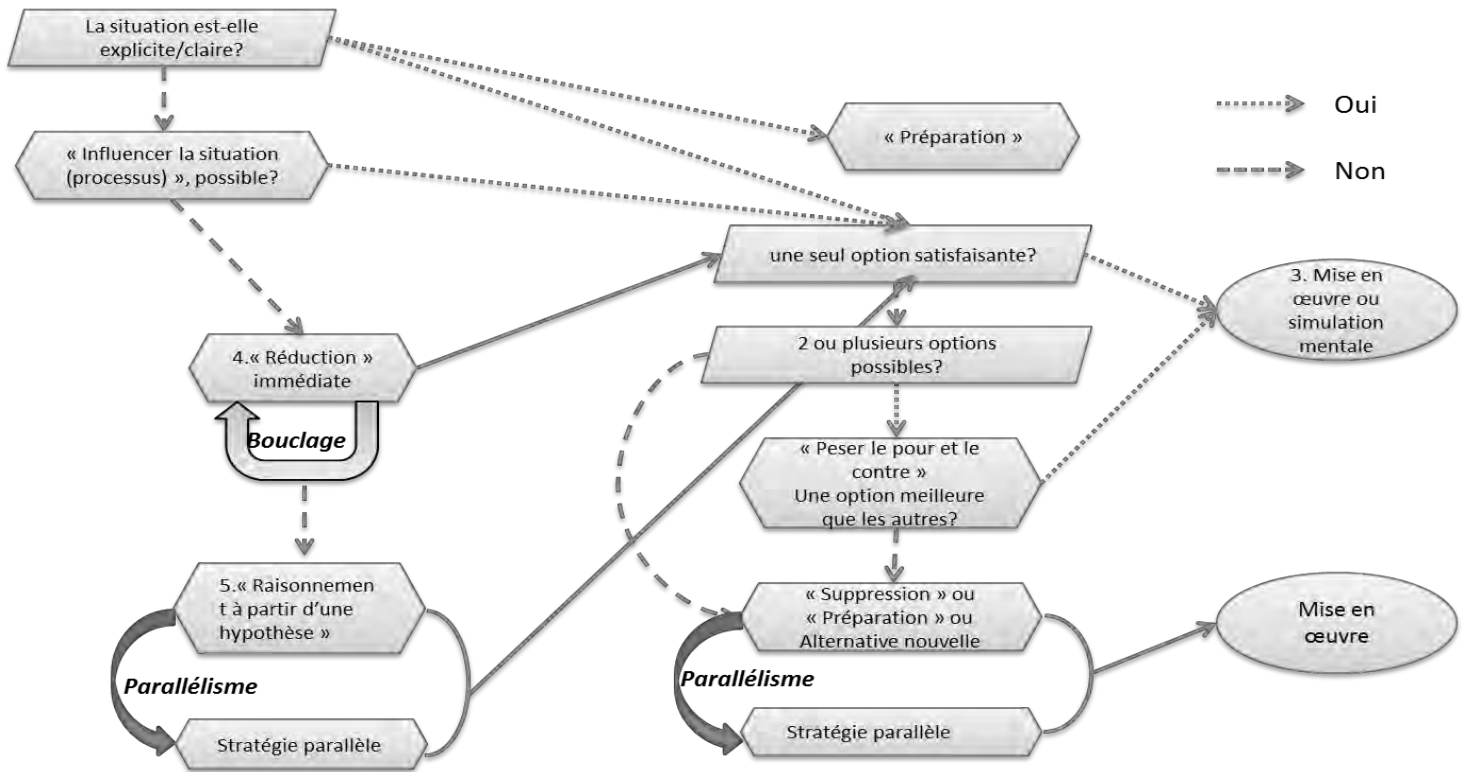


Figure 43. Nouvelle version d'heuristique R.A.W.F.S, intégrant les données issues de l'activité de l'exploitant.

## 5. Conclusion

Après une sélection d'indicateurs objectifs, nous avons détecté six cas de gestion de l'incertitude qui ont été étudiés de manière approfondie. L'analyse de ces cas a rendu possible l'accès à l'enchaînement des différentes stratégies. Ainsi, la réduction (sous forme de recherche supplémentaire d'informations par exemple) est systématiquement la première stratégie utilisée par l'exploitant. À l'inverse, la stratégie de suppression n'a jamais été perçue. Nous avons également repéré la mise en place de deux stratégies en parallèle, afin de réduire au maximum les risques liés à la perte du contrôle de la situation.

Les résultats ont par la suite été confrontés avec l'heuristique R.A.W.F.S. Cette confrontation s'est traduite par une contribution théorique, à tel point qu'une version plus évoluée a été proposée. Cette contribution théorique peut s'avérer précieuse, puisqu'en conclusion de leurs travaux, Lipshitz et Strauss (1997) avaient souligné l'importance de tester la validité de l'heuristique avec des travaux *in vivo*. Ceci correspond précisément à notre démarche d'analyse de l'activité, puisque les résultats se fondent sur des données recueillies en conditions réelles.

Enfin, pour compléter cette démarche d'analyse de gestion de l'incertitude, il semble intéressant de recenser, dans de futures recherches, les stratégies inefficaces. En effet, Lipshitz et Strauss (1997) se sont focalisés sur les stratégies qui permettent aux experts de trouver des solutions. Or, il existe également des stratégies défailtantes, qui peuvent également être sources d'enseignements majeurs. Par exemple, dans une revue de la littérature, Osman (2010) a relevé un ensemble de conséquences comportementales de la mauvaise gestion de l'incertitude. Il s'agit notamment de la persistance de stratégies inefficaces, du développement faible des connaissances, de mauvaises répartitions des ressources cognitives, de mauvaises interprétations des feedbacks, etc. Par ailleurs, Dörner (1980) avait lui aussi, identifié plusieurs stratégies non pertinentes. Celles-ci devraient être également intégrées dans des analyses ultérieures pour pouvoir étudier les opérateurs, même lorsque ceux-ci échouent à gérer l'incertitude

# Synthèse des résultats : de la comparaison à la modélisation

---

À travers les chapitres précédents, nous nous sommes intéressés à l'activité cognitive mise en jeu pendant l'ordonnancement. De plus, un intérêt particulier a été porté à la gestion de l'incertitude et aux stratégies de « coping » qui peuvent être mises en place par l'opérateur. Différents résultats, issus de deux secteurs d'activité majeurs, ont été mis en exergue. L'objectif de ce chapitre de synthèse est de mesurer le caractère généralisable de ces résultats, en vue de proposer éventuellement des modèles de l'activité. Pour ce faire, les principaux résultats obtenus seront analysés sous un regard croisé, en se demandant si **les processus cognitifs mis en jeu sont communs, ou bien spécifiques à chaque situation d'ordonnancement.**

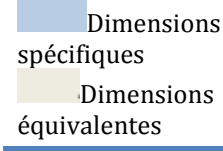
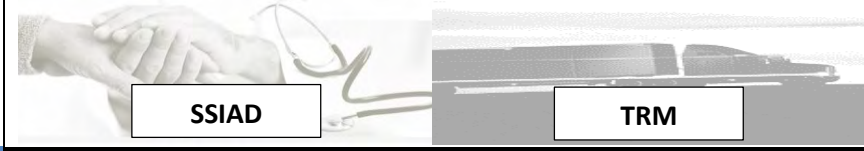
## 1. Cadre descriptif de la démarche de comparaison intersectorielle

Avant d'amorcer la démarche de comparaison intersectorielle, confrontant les résultats issus du secteur du TRM avec ceux émanant du SSIAD, il convient tout d'abord de récapituler les caractéristiques équivalentes et celles plus spécifiques à chaque terrain d'étude. Ce récapitulatif, exposé dans le tableau 18, est structuré autour des huit dimensions composant la typologie des situations d'ordonnancement. Nous pouvons ainsi noter que parmi les huit dimensions, six sont globalement équivalentes, alors que les dimensions « horizon temporel » et « sources et types d'incertitude » affichent de sensibles différences. Il est important de souligner l'adjectif « équivalent », en opposition au terme « identique ». En effet, dans le cadre d'une démarche de comparaison de situations écologiques, s'il est possible de tendre vers des dimensions comparables, il est inimaginable d'atteindre « l'égalité ».

Ainsi, en se référant au tableau 18, nous pouvons noter que l'horizon temporel d'ordonnancement est beaucoup plus court dans le TRM, puisque fréquemment, l'ordonnancement se réalise pour le jour même. Cet ordonnancement, quasiment en temps réel, s'explique par une dynamique plus importante dans ce secteur, avec l'apparition et la modification continues des demandes. Cette dynamique qui se matérialise, au niveau cognitif, par une exigence accrue en matière de pression temporelle. La seconde différence majeure concerne la dimension de l'incertitude. S'il est difficile d'évaluer le niveau d'incertitude général entre les deux secteurs, nous pouvons tout de même affirmer que l'incertitude est beaucoup plus variée dans le TRM. Ainsi, les indicateurs psycholinguistiques nous ont permis de distinguer les ressources humaines (au niveau de la disponibilité et de la fiabilité) comme étant la principale source d'incertitude. À l'inverse, l'analyse

de l'activité d'ordonnancement dans le TRM a révélé une incertitude à sources multiples, portant à la fois sur les ressources, sur les demandes, sur l'activité (processus) ou encore sur les contraintes.

Tableau 18. Description comparative des situations d'ordonnancement étudiées.

 Dimensions spécifiques Dimensions équivalentes	 SSIAD TRM	
<b>Horizon temporel d'ordonnancement</b>	<i>HT relativement long (J+15)</i>	<i>HT relativement court: J+5 à Jour J</i>
<b>Conditions d'ordonnancement</b>	<i>Nombreuses contraintes de natures multiples et variées dans les deux secteurs : contraintes sur les différentes ressources, contraintes temporelles, contraintes liées aux clients/patient, contraintes de précédence/continuité, contraintes environnementales, etc.</i> <i>Une prédominance de contraintes portant sur les ressources humaines dans le SSIAD: grande pluralité de types de contrats, turn-over important, vœux et indisponibilités, différences titulaires/remplaçants, etc.</i> <i>Contraintes liées aux demandes des clients et contraintes environnementales plus importantes dans le TRM (réglementations TRM)</i>	
<b>Environnement d'ordonnancement</b>	<i>Planification individuelle</i> <i>Différents supports d'ordonnancement manuel</i> <i>Logiciel informatique d'aide à l'ordonnancement</i>	
<b>Règles d'ordonnancement</b>	<i>Règles de priorités prédéfinies dans les deux secteurs</i>	
<b>Phases d'ordonnancement</b>	<i>Une première phase de planification prédictive dans les deux secteurs, suivie d'une phase réactive de réajustement et de ré-ordonnancement particulièrement importante dans le TRM</i>	
<b>Indicateurs d'ordonnancement</b>	<i>Existence d'indicateurs de performance explicites, de type qualité, financiers ou taux d'exploitation</i>	
<b>Exigences cognitives</b>	<i>Exigences cognitives globalement équivalentes, si ce n'est la « pression temporelle » qui est plus importante dans le TRM (cf. Horizon temporel d'ordonnancement plus court)</i>	
<b>Sources et types d'incertitude</b>	<i>Principale source d'incertitude : ressources humaines (disponibilité, fiabilité)</i> <i>Niveau d'incertitude élevé pour « établissement des plannings », faible pour « affectation des AS aux tournées »</i>	<i>Sources d'incertitudes multiples : Demandes des clients variables (source la plus importante), processus instables (trafic, accidents, météo, etc.), ressources humaines et matérielles (disponibilité, pannes)</i>

En s'appuyant sur cette description comparative, nous disposons d'éléments indispensables à la compréhension et à l'interprétation de l'évolution des processus cognitifs, selon le secteur d'activité étudié. Ainsi, nous proposons déployer une démarche d'analyse intersectorielle en deux étapes. Tout d'abord, nous allons confronter les résultats se référant aux processus cognitifs intervenant au cours de l'activité d'ordonnancement dans chaque secteur. Il s'agira d'analyser la répartition des différents prédicats et de comparer le schéma du « cheminement cognitif » entre

les deux situations. Dans un deuxième temps, nous nous focaliserons sur un autre résultat marquant de notre étude, à savoir l'heuristique de gestion de l'incertitude. Nous étudierons également les perspectives comparatives et la possibilité de modéliser les stratégies mises en œuvre dans la gestion de l'incertitude, au cours de la résolution d'un problème lié à l'incertitude.

## 2. Modélisation des processus cognitifs sous-jacents à l'ordonnancement

À travers la figure 44, nous nous intéressons tout d'abord à la répartition générale des différentes classes d'activités cognitives, toujours en référence au modèle de Hoc et Amalberti (1999) (cf. figure 20, page 81).

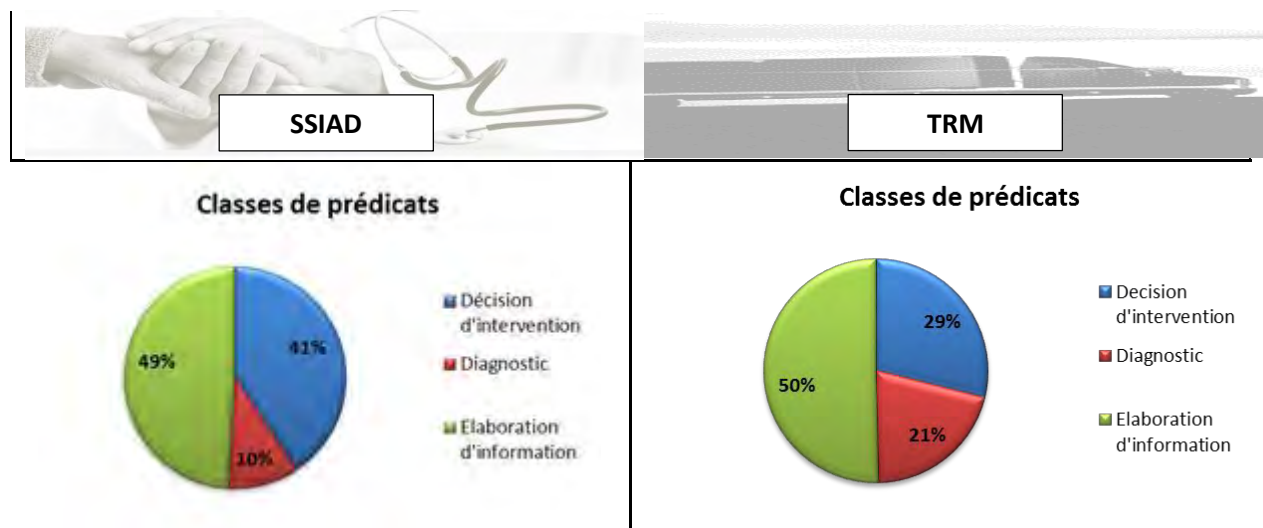


Figure 44. Répartition des différentes classes d'activité cognitive (prédicats) selon le secteur d'activité.

Au vu des résultats obtenus, deux enseignements émergent explicitement : le taux des activités d'élaboration d'information demeure très stable, d'un secteur d'activité à un autre. Un taux qui représente, dans les deux cas, la moitié de l'ensemble des activités cognitives mises en œuvre (49% et 50%). À l'inverse, nous remarquons que la répartition des activités liées au diagnostic et à la décision d'intervention est différente d'un secteur à un autre. L'application d'un test de  $\chi^2$  démontre d'ailleurs que cette différence est statistiquement significative ( $\chi^2(2, N=1168)=28,35$  ;  $p=.000$ ). Nous remarquons notamment que le taux d'activités de diagnostic est deux fois supérieur dans le TRM, au détriment des décisions d'intervention (21% de diagnostics dans le TRM contre 10% dans le SSIAD). En nous référant aux spécificités des deux terrains, nous pouvons supposer que cette différence s'explique en partie par les sources d'incertitude qui sont plus nombreuses et variées dans le cadre de l'activité de l'exploitant transport. De plus, les besoins des patients étant globalement stables, les activités de diagnostic se limitent davantage aux caractéristiques internes (absentéisme, fiabilité, etc.) dans le SSIAD. Alors que dans le TRM, la variabilité

extérieure (demandes des clients) est également omniprésente, ce qui se traduit par une nécessité plus grande d'approfondir les pronostics, afin de mieux guider le processus de prise de décision.

La figure 45 retrace, à un niveau plus microscopique, la proportion de chaque prédicat au sein des deux secteurs étudiés.

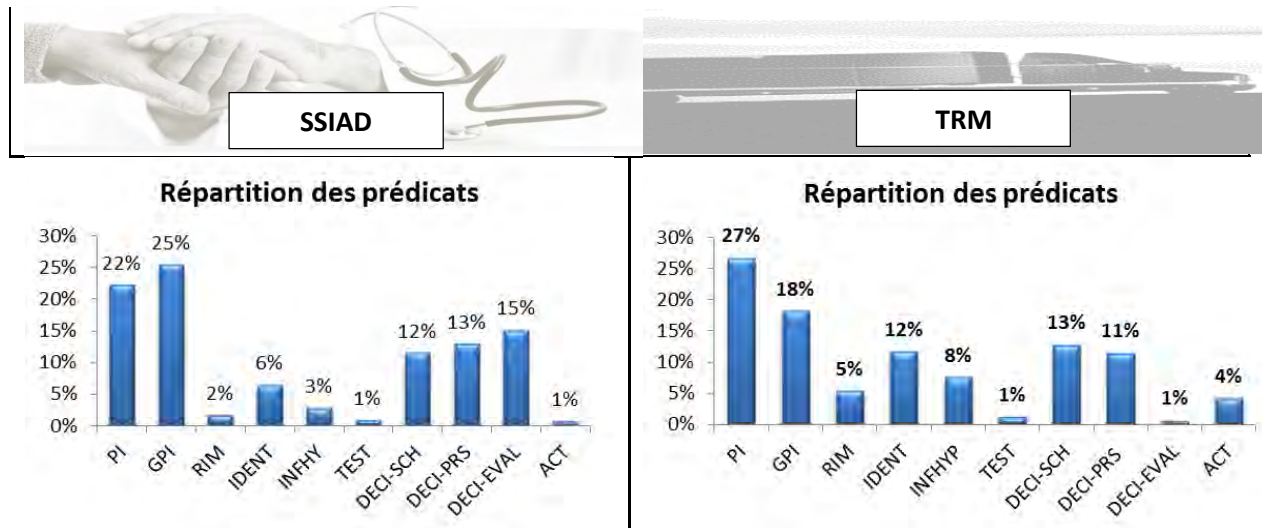


Figure 45. Répartition des différents prédicats selon les secteurs.

De nombreux enseignements peuvent être tirés de ce graphique. Concernant les prédicats qui se réfèrent à l'élaboration d'information, nous remarquons que la distribution suit un schéma distinct dans les deux secteurs. En effet, dans le TRM, le taux de prises d'informations brutes (PI) est plus important que celui des activités de gestion d'information avec un objectif précis (GPI) (27% contre 18%), alors que ce rapport s'inverse au cours de l'activité de l'infirmier coordinateur (PI : 22%, GPI : 25%). Si nous faisons un parallèle entre ces résultats et les observations du terrain, nous pouvons supposer que cet écart s'explique par la dynamique et l'instabilité plus élevées dans le TRM, ce qui a pour conséquence une surveillance plus accrue de l'avancement du processus de transport. Ce « suivi » plus étroit se traduit par de nombreuses prises d'informations (PI), en s'appuyant notamment sur le logiciel de géolocalisation. Concernant le prédicat de récupération d'informations en mémoire (RIM), les deux secteurs présentent un taux relativement faible, situé à 2% pour le SSIAD et 5% pour le TRM. Ce résultat démontre que les sources de prises d'information sont majoritairement extérieures et que la récupération d'information dans la mémoire demeure plus rare. Hoc et Amalberti (1999) désignent le prédicat RIM comme un indicateur de complexité et de potentielle surcharge mentale pour l'opérateur. Sans vouloir céder à des tentations de conclusions hâtives, nous pouvons tout de même relever qu'un lien logique semble exister entre le taux de RIM, plus important dans le TRM, et la dynamique et la multiplicité des sources d'incertitude que ce secteur présente.

En ce qui concerne les activités de diagnostic, dans les deux situations, les diagnostics précis (IDENT) sont plus fréquents que les diagnostics débouchant sur une incertitude (INFHYP). Si les « IDENT » sont deux fois plus nombreuses que les INFHYP dans le SSIAD (6% contre 3%), la répartition s'avère plus homogène dans le contexte du TRM (12% et 8%). En se référant au cadre théorique (Amalberti & Hoc, 1998), cette distribution témoigne d'une incertitude plus élevée dans le TRM, ce qui corrobore les résultats descriptifs obtenus.

Au niveau des décisions d'interventions, nous pourrions nous attendre à ce que l'ordonnancement comporte moins de détails opératoires (DECI-SCH) dans le SSIAD, puisque l'horizon temporel est plus lointain, et que ces détails pourraient être apportés ultérieurement. Cependant, nous ne pouvons pas noter de différence notable entre le taux de décisions schématiques (DECI-SCH) et de décisions précises (DECI-PRS), qui restent stables dans les deux situations, à un niveau situé entre 11% et 13%. Concernant les prédicats liés aux décisions d'intervention, le résultat le plus marquant est la différence substantielle d'activités d'autoévaluation (DECI-EVAL) dans les deux secteurs. Alors que ces activités, qui se matérialisent principalement par des actions de vérification, sont quasi-inexistantes dans le TRM (1%), elles représentent 15% de l'ensemble des énoncés codés dans le SSIAD. Deux éléments pourraient contribuer à élucider ce constat. Il s'agit tout d'abord de l'horizon temporel court et de la présence importante d'activités de planification en temps réel dans le TRM. Ces deux facteurs de pression temporelle réduisent considérablement les marges de manœuvre quant aux activités de vérification dans le TRM ; à l'inverse, confronté à une situation plus statique, l'IDEC dispose de davantage de temps pour évaluer ses propres décisions. Nous pouvons également nous interroger sur l'influence que le niveau et les sources d'incertitude exercent sur les activités d'autoévaluation. Serait-il réellement « utile », du point de vue de l'ordonnanceur, d'évaluer ses décisions, aussi longtemps que de nombreuses variables demeureront encore incertaines ? Si une réponse affirmative ne peut être avancée catégoriquement, cela représente tout de même une hypothèse intéressante à vérifier dans le futur.

Comme dans les chapitres empiriques, après avoir analysé la répartition statique des différentes activités cognitives, nous allons désormais nous intéresser à l'évolution dynamique de ces processus. Ce schéma porte sur 17 séquences d'ordonnancement dans le TRM, et 34 séquences dans le SSIAD<sup>10</sup>. En disposant les schémas du « cheminement cognitif » des deux secteurs d'activité côte à côte, le premier constat est assez éloquent, puisqu'un schéma général commun semble se reproduire (cf. Figure 46).

---

<sup>10</sup> Les 34 séquences comprennent toutes les tâches et étapes d'ordonnancement au sein de ce secteur, qu'il s'agisse de « l'établissement des plannings » ou de « l'affectation des AS aux tournées ».



Synthèse des résultats :  
de la comparaison à la modélisation

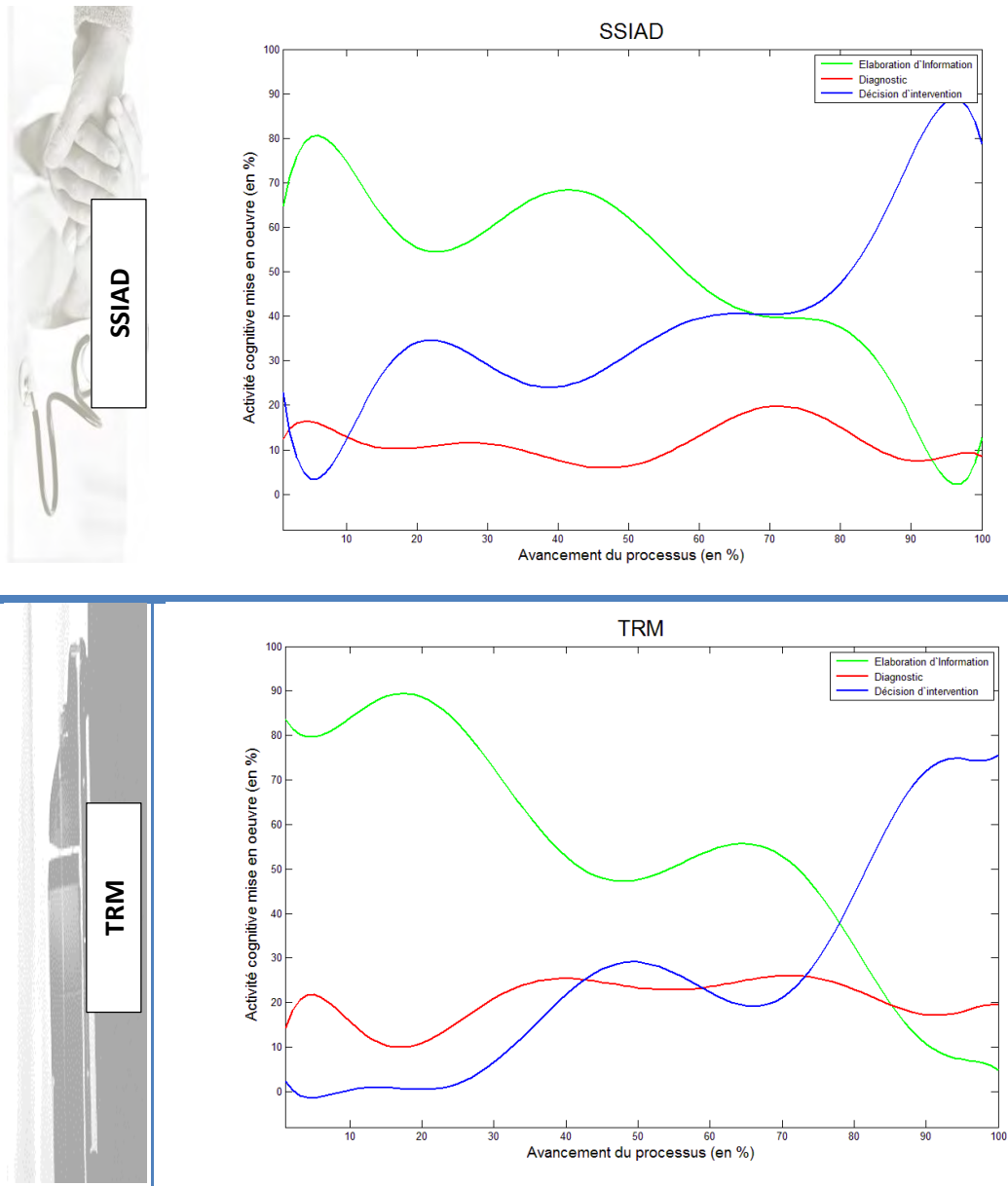


Figure 46. « Cheminement cognitif » (classes de prédicats) au cours des séquences d'ordonnancement dans les deux secteurs d'activité.

Cette première impression se confirme en grande partie par les coefficients de corrélation de Pearson qui ont été obtenus (cf. Tableau 19).

Tableau 19. Coefficients de corrélation des activités cognitives entre les deux secteurs d'activité.

	Coefficient de corrélation Pearson	Significativité
Activités « Élaboration d'information »	$r=0.8265$	$p=.000$
Activités « Diagnostic »	$r=0.2533$	$p=.002$
Activités « Décision d'intervention »	$r= 0.9083$	$p=.000$

Les activités d'élaboration d'information et de décisions d'interventions semblent suivre une évolution très proche, d'un secteur à un autre ( $r=0,82$  ;  $r=0,91$ ). Cependant, la corrélation entre les deux secteurs semble nettement moins évidente concernant les activités de diagnostic ( $r=0,25$ ). Il n'est cependant pas aisé de noter une différence d'évolution particulière, puisque le niveau des diagnostics demeure faible dans les deux situations. Ce constat converge avec les résultats obtenus dans le cadre de la confrontation des deux tâches « d'établissement des plannings » et « d'affectations des AS aux tournées », au sein du SSIAD T.

Si les résultats statistiques semblent confirmer que l'évolution des processus cognitifs suit un schéma commun dans les deux situations, les résultats nous permettent également de distinguer quelques spécificités. Nous pouvons par exemple noter que l'inversion de la courbe représentant les activités d'élaboration d'information n'est pas identique dans les deux situations. Cette étape, qui correspond à une consolidation de la représentation mentale, semble se produire plus tôt au cours de l'ordonnement dans le SSIAD. De plus, l'amplitude de cette phase est également plus grande dans le secteur du SSIAD. Dans la logique des résultats obtenus au cours de la démarche statique, nous pouvons expliquer cet écart par la dynamique de la situation, qui tend à limiter de nouvelles prises d'information dans un but de vérification.

Au cours des chapitres précédents, nous avons qualifié le schéma du « cheminement cognitif » comme un résultat original, représentant un tremplin potentiel vers une modélisation des processus cognitifs liés à l'ordonnement. Cette modélisation ne pouvait pas être concrétisée sans une démarche de confrontation avec des données issues de différentes situations d'ordonnement.

En comparant les protocoles issus de trois situations d'ordonnement, dans deux secteurs d'activité différents, nous avons pu identifier de nombreux processus convergents qui nous permettent de proposer une première version d'un modèle de cheminement cognitif (cf. figure 47).

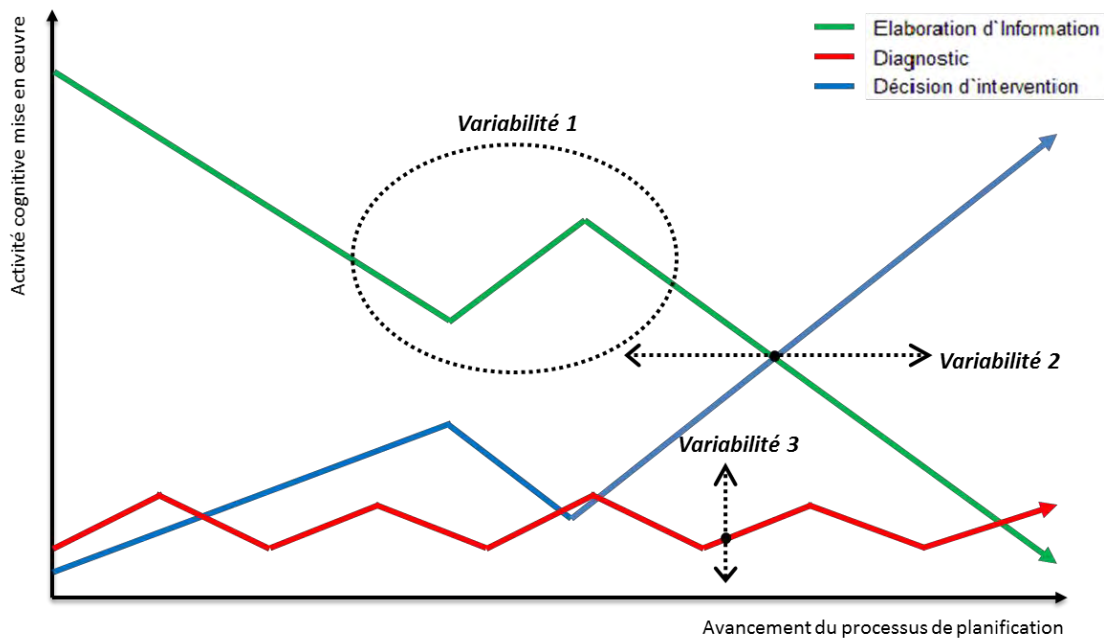


Figure 47. Modèle du cheminement cognitif sous-jacent aux activités d'ordonnancement.

En se référant aux résultats obtenus, ce modèle représente notamment l'évolution symétrique « d'élaboration d'information » et « décision d'intervention », la phase d'inversion de la courbe des activités d'élaboration d'information, que nous appellerons la phase de « validation mentale », ou encore la stabilité relative des activités de diagnostic dans le temps.

A l'inverse, ce modèle intègre également les spécificités que nous avons pu souligner au cours de la démarche comparative. Trois « zones de variabilité » ont ainsi été intégrées dans ce schéma. Il s'agit tout d'abord de la « variabilité 1 », qui fait référence au moment et à l'amplitude de la phase de « validation mentale ». Au vu de nos résultats, cette variabilité dépend notamment du niveau de l'incertitude ainsi que de la pression temporelle induite par la situation. « La variabilité 2 » correspond au point d'intersection entre les courbes « élaboration d'information » et « décision d'intervention ». Il s'agit du moment où l'opérateur dispose de suffisamment de « matière première » (informations) pour construire sa décision. La position de ce point dépend également du niveau de l'incertitude, et elle pourrait être considérée plus généralement comme un indicateur de complexité de la situation. Ainsi, nous pourrions penser que lorsque les activités de décisions d'intervention dépassent celles liées à l'élaboration de l'information, l'incertitude peut être considérée comme étant résolue ou maîtrisée par l'ordonnanceur. Cependant, il s'agit là d'une interprétation, et il serait intéressant de la vérifier au travers des travaux futurs. Enfin, la « variabilité 3 » concerne le niveau moyen des activités de diagnostic. Un niveau qui est conditionné par la complexité et la multiplicité des sources d'incertitude. De plus, si les activités

de diagnostic semblent rester constantes au cours de l'avancement du processus, nous n'avons néanmoins pas pu définir avec précision une évolution généralisable.

### **3. Modélisation des stratégies de gestion de l'incertitude en situations critiques d'ordonnancement**

Un autre résultat majeur issu de nos travaux empiriques est la proposition d'une nouvelle version de l'heuristique RAWFS (Lipshitz & Strauss, 1999). Cette contribution, fondée sur les séquences critiques de gestion d'incertitude dans le TRM, décrit la manière dont l'opérateur met en place différentes stratégies de « coping » pour se sortir de la situation « impasse ». Au même titre que les processus cognitifs sous-jacents à l'ordonnancement sous incertitude, il aurait été particulièrement intéressant de confronter les stratégies mises en place par l'exploitant de transport avec celles utilisées par l'infirmier coordinateur. Cependant, au cours de l'intervention menée dans le SSIAD, l'infirmier n'a pas eu à faire face à ce type de situations critiques. Cela n'est d'ailleurs pas surprenant, étant donné que la dynamique de cette situation est relativement faible et que l'apparition de nouvelles demandes demeure très occasionnelle.

Dans la mesure où l'heuristique proposée reprend une base théorique préexistante, un modèle peut tout de même être proposé. D'autant plus que nos contributions émanent d'études en conditions réelles et qu'elles sont parfaitement complémentaires avec le modèle de base de Lipshitz et Strauss (op. cit.), basés sur des rapports rétrospectifs en laboratoire. Néanmoins, nul doute que cette nouvelle version devra être confrontée, à son tour, à de nouvelles données issues de diverses situations d'ordonnancement.

Par ailleurs, tout au long de ce travail de thèse, nous avons souligné l'importance de regrouper les différentes disciplines, afin d'assister et d'optimiser les situations d'ordonnancement de la manière la plus efficace possible. Or, cette collaboration, notamment entre l'ingénierie et les sciences humaines, ne peut s'accomplir sans le partage d'un référentiel commun. L'accessibilité réciproque des contributions théoriques doit alors s'inscrire au cœur des préoccupations de ces disciplines. Parler le même langage, pour une réflexion plus approfondie et plus productive, tel devrait être le point de départ de toute démarche de recherche pluridisciplinaire.

En partant de ce principe, nous nous sommes basés sur un format standard, partagé par de nombreuses disciplines, afin de concevoir le modèle de la gestion de l'incertitude (cf. Figure 48). Il s'agit du format BPMN<sup>11</sup>, qui sert notamment à modéliser les Système d'Information (SI) et les

---

<sup>11</sup> *Business Process Model and Notation.*

processus d'activité des entreprises, indispensables à la conception d'outils adaptés d'aide à la prise de décision (Briol, 2008).

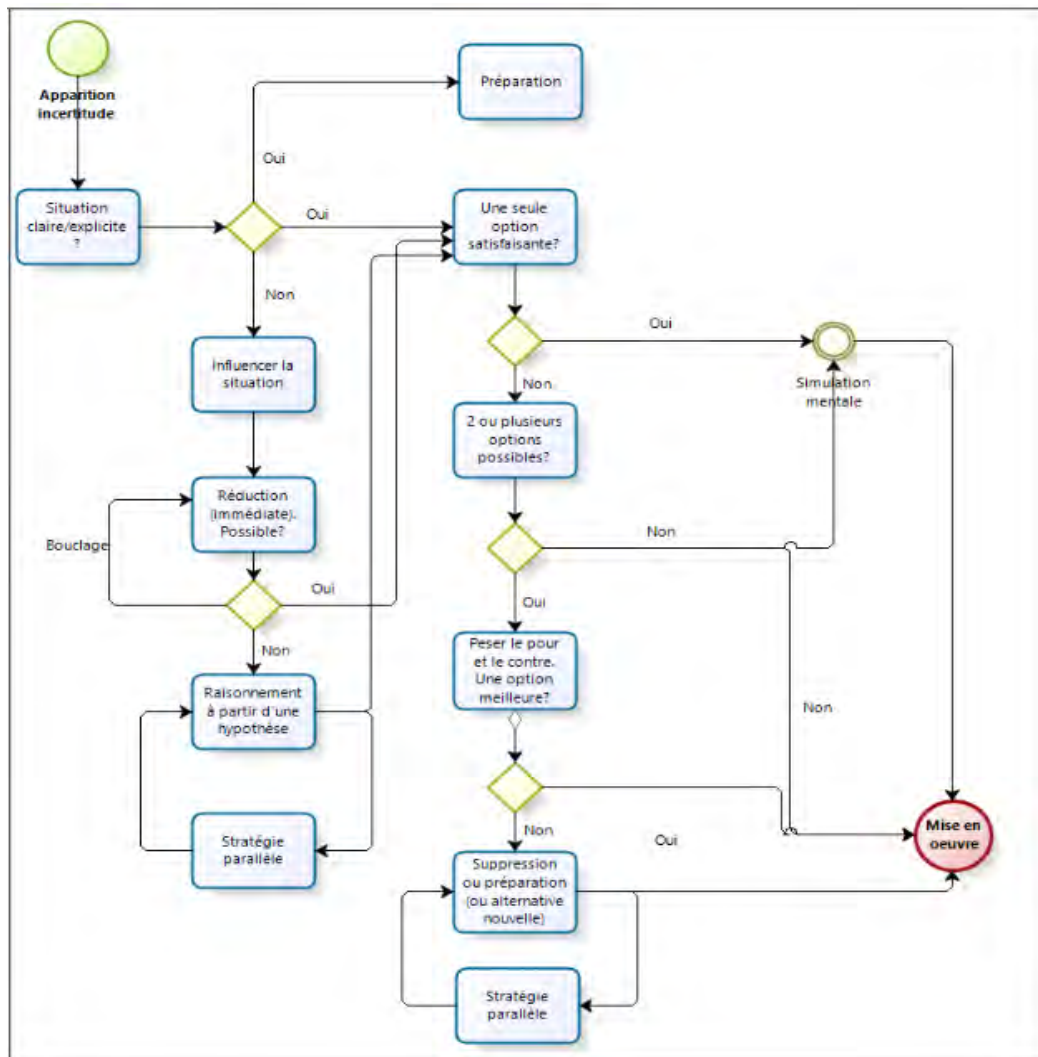


Figure 48. Modèle de la gestion d'incertitude en situations critiques : nouvelle version d'heuristique RAWFS.

En comparaison avec la version originale de RAWFS, cette version basée sur notre étude *in-vivo* a permis de compléter l'heuristique en s'appuyant sur cinq enseignements majeurs:

- Mise en place systématique et immédiate de la stratégie de « réduction »
- Possibilité de renouveler une stratégie avec un objet différent : « Bouclage »
- Possibilité de mise en œuvre de plusieurs stratégies en parallèle : « parallélisme »
- Apparition d'une nouvelle stratégie « active » de gestion en début du procédé : « influencer le processus »
- Absence de stratégie de « suppression » en conditions réelles

En adoptant une approche comparative et en portant un regard croisé sur l'ensemble de nos résultats, nous avons démontré l'existence de mécanismes cognitifs communs à différentes situations d'ordonnancement. De plus, certaines variables semblent présenter également des effets convergents. Les effets induits par l'incertitude, par les contraintes prégnantes ou par la dynamique présentent beaucoup de similitudes. Il s'agit par exemple d'un accroissement des activités d'élaboration d'information, de diagnostic ou d'autoévaluation. Le point commun de ces dimensions réside dans le fait qu'elles contribuent toutes à la complexité de la situation (Cegarra, 2008). Néanmoins, d'autres facteurs de complexité, comme la pression temporelle, semblent favoriser d'autres comportements cognitifs, contrebalançant les effets précédemment cités. Réduire l'incertitude en recherchant de nouvelles informations, ou finaliser sa décision au plus vite afin de ne pas céder à la pression temporelle et être « débordé » ? Comme d'autres situations de résolution de problème, l'ordonnancement semble également soumis aux lois de compromis implicites, qui résistent encore aux tentatives scientifiques d'élucidation.

En considérant ces points communs - et sans occulter les spécificités qui semblent également émerger - nous avons proposé des modèles de l'activité d'ordonnancement et de gestion de l'incertitude. Évidemment, ces modèles ne représentent pas une fin en soi ; au contraire, ils devront à leur tour être validés et évoluer au fil de travaux scientifiques futurs.

Synthèse des résultats :  
de la comparaison à la modélisation

# Discussion et conclusion générales

---

Ce chapitre final représente le dénouement du projet de thèse relaté à travers ce manuscrit. Dès lors, il est important de profiter de cet « atterrissage » pour dresser un bilan du chemin parcouru et définir au mieux les « destinations futures ». Ainsi, cette partie vise à proposer un regard synthétique sur l'ensemble des contributions apportées au cours la présente recherche doctorale. En nous basant sur les forces et les limites de ces contributions, nous tenterons également de suggérer des perspectives de recherche pour d'éventuels projets futurs. En ergonomie, comme dans toutes les autres disciplines fondées sur l'Homme, les objets attrayants et inexplorés demeurent nombreux et variés. Cependant, la recherche, c'est également la prise de position et la priorisation des objectifs. Ainsi, parmi les perspectives qui seront proposées, nous tâcherons de souligner celles qui, de notre point de vue, pourraient être considérées comme étant prioritaires.

En nous rapportant à l'ensemble de nos travaux développés tout au long des précédents chapitres, nous pouvons mettre en avant quatre contributions principales. Celles-ci, relatées à travers la figure 49, se répartissent à travers trois catégories. Il s'agit tout d'abord des contributions méthodologiques, qui reposent principalement sur la conception de la méthode d'analyse des protocoles. Ensuite, nous pouvons distinguer les contributions théoriques. Celles-ci regroupent l'ensemble des résultats obtenus au cours des travaux dans les deux secteurs d'intervention, le TRM et le SSIAD. Ces contributions sont symbolisées par les deux modèles proposés : le modèle du « cheminement cognitif » et la version réévaluée de l'heuristique de gestion de l'incertitude RAWFS. Enfin, la troisième catégorie de contribution, que nous avons intitulée « pratique », se fonde sur la typologie des situations de planification. Celle-ci aurait pu être associée aux contributions méthodologiques ou théoriques. Cependant, nous pensons que cette typologie doit être considérée avant tout comme un outil pratique, applicable aussi bien dans une optique de recherche qu'au cours d'une intervention de terrain.



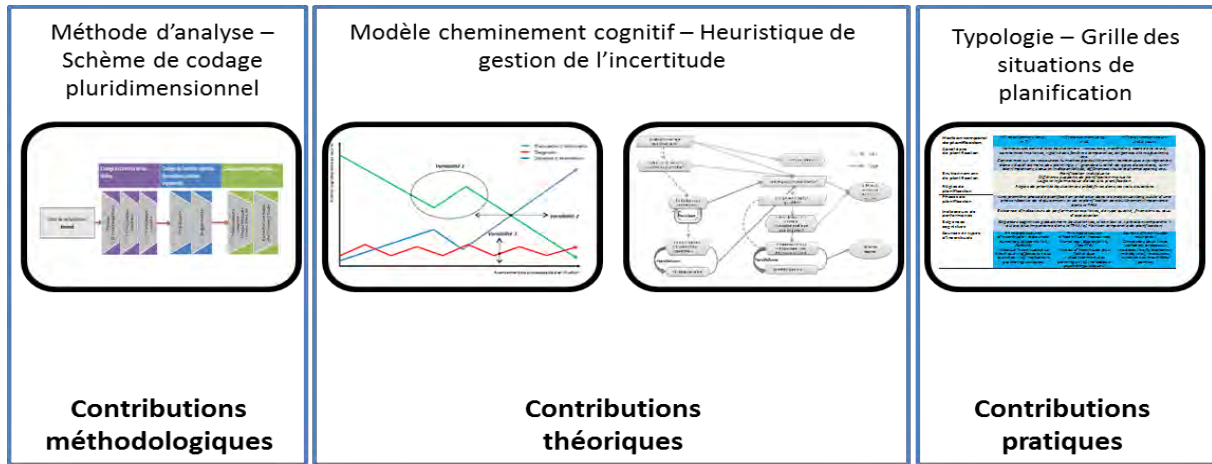


Figure 49. Les différentes contributions apportées au cours de la thèse.

Les parties suivantes de ce chapitre sont dédiées à une synthèse générale des apports et des perspectives émanant de nos travaux de recherche. Celle-ci s’articulera autour des trois catégories de contributions distinguées, à savoir les apports méthodologiques, théoriques et pratiques.

## 1. Bilan et perspectives méthodologiques

Les préoccupations méthodologiques ont eu une place forte dans notre projet de recherche. En effet, sans une méthode robuste et applicable en conditions réelles, l’accès aux processus cognitifs aurait été impossible et l’ensemble des questions de recherche demeurerait à ce jour sans réponse.

Cependant, le caractère indispensable de la méthode d’analyse ne doit pas nous empêcher d’y porter un regard critique. Au gré des différentes études et interventions sur le terrain - qu’il s’agisse de l’activité de l’exploitant ou de celle de l’infirmier coordinateur - nous avons obtenu de nombreux enseignements sur l’approche méthodologique mise en place. Ces enseignements, avec leur effet tantôt encourageant et tantôt limitant, peuvent être récapitulés sous forme d’avantages et d’inconvénients.

En nous situant dans une démarche synthétique, nous avons choisi de présenter les avantages et les limites de la méthode, sous la forme de tableaux. Ainsi, les principaux avantages et limites, constatés au cours du déploiement de la méthode lors des différentes études empiriques, sont répertoriés et explicités à travers les tableaux 20 et 21, ci-dessous.

Tableau 20. Bilan des avantages de la méthode d'analyse des protocoles.

<b>Avantages</b>	<b>Adéquation avec les conditions réelles de travail</b>	En conditions réelles de travail, les contraintes méthodologiques sont nettement plus importantes qu'en laboratoire. Le principal danger est de perturber l'activité de l'opérateur, ce qui conduirait à deux conséquences néfastes : influencer la qualité du travail de l'opérateur (conséquences irréparables dans certaines situations) et obtenir des données erronées. Le caractère non-obligatoire de la consigne de « réfléchir à voix haute » permet à l'opérateur de rester maître de ses actions, afin d'accomplir son activité naturellement. Dans les situations où cette verbalisation est impossible, l'analyste peut également traiter les verbalisations spontanées (moindre accès aux raisonnements). Ainsi, la méthode conçue est applicable dans toute situation de travail, dès lors qu'il est possible d'installer une caméra et un microphone.
	<b>Finesse des résultats</b>	La méthode proposée permet de croiser de nombreuses variables constituant le schème de codage. Ces croisements permettent d'atteindre un niveau d'analyse très fin, difficilement accessible avec des méthodes plus traditionnelles telles que l'entretien et l'observation armée. De plus, en se basant sur des verbalisations concomitantes à l'activité, la contrainte de subjectivité est maîtrisée et les résultats tendent vers une description plus représentative.
	<b>Adaptabilité</b>	La méthode présente une flexibilité importante, qui facilite son adaptation aux différents objectifs d'étude. Par exemple, en ayant la possibilité d'intégrer différents arguments dans la démarche de codage, le chercheur peut choisir les objets autour desquels il souhaite articuler son analyse.
	<b>Reproductibilité</b>	La reproductibilité est considérée comme une faiblesse de certaines méthodes basées sur le codage. Quelle valeur auraient les résultats si le codage d'un même protocole par deux analystes différents présentait des disparités importantes ? Aucune. Le recodage des protocoles issus du TRM par un second analyste a débouché sur un score de correspondance de 83%. Un score qui permet d'accréditer la méthode d'un bon niveau de reproductivité.
	<b>Hybridité de la démarche</b>	La méthode nous a permis d'allier l'approche statique avec l'approche dynamique et l'analyse microscopique (énoncés) avec l'analyse macroscopique (stratégie de gestion de l'incertitude). Grâce à cette hybridité, le chercheur dispose d'une plus grande palette de possibilités d'analyse, lui permettant d'accomplir au mieux ses différents objectifs d'étude.

Tableau 21. Bilan des limites de la méthode d'analyse des protocoles.

<b>Limites</b>	<b>Coût de l'application</b>	De toute évidence, le premier frein à reproduire une démarche d'analyse fondée sur le codage des protocoles, c'est le temps que cela exige. Concernant notre étude, nous estimons le temps de traitement 10 à 15 fois supérieur à la durée de l'enregistrement de l'activité.
	<b>Nécessité de connaître le terrain d'étude</b>	Au cours du codage, certaines déductions fines reposent sur une connaissance importante de la situation d'étude. Cette connaissance conditionne également l'interprétation de certains résultats. Par conséquent, il semble difficile que le traitement des données puisse se faire par une personne autre que celle ayant mené l'étape de recueil au sein de l'entreprise. Toutefois, si cette condition devait s'imposer dans le cadre d'une étude, il apparaîtrait indispensable que la transmission des connaissances du terrain, à la personne en charge du traitement des données, s'accomplisse de manière extrêmement précise.
	<b>Analyse fréquentielle</b>	Une autre limite de la méthode déployée est la nature même des résultats, qui sont sous forme de fréquence (pourcentages). Nous pouvons alors imaginer une surestimation d'une activité brève, mais très fréquente, aux dépens d'activités moins fréquentes, mais qui « durent » plus longtemps.
	<b>Inférences de certaines variables</b>	Le codage de certaines variables - et notamment les prédicats proches, issus de la même catégorie d'activité (exemple : PI et GPI ou DECI-PRS et DECI-SCH) - s'avère dans certains cas difficile, et émane donc d'inférences subjectives.
	<b>Profil des opérateurs observés</b>	D'après nos constatations, le profil du sujet observé a un impact sur la qualité du codage. Plus la personne sera expressive, moins l'analyste devra faire des déductions. Ce qui améliore par conséquent sa précision de codage.

La méthode proposée ici se veut une méthode rigoureuse d'analyse de l'activité cognitive. Elle permet notamment d'identifier les processus mentaux, les séquences et de caractériser les stratégies. Cette contribution est importante car elle contourne plusieurs difficultés : celle de la surreprésentation des objets d'étude par le recours à un modèle-cadre de l'activité cognitive (Wioland, 1997) ; celle de la reconstruction des événements par des méthodes fondées sur des entretiens (Lipshitz & Strauss, 1997) ; mais également celle de se retrouver à un niveau trop fin d'analyse de l'activité. Comme le notaient Amalberti et Hoc (1998), il existe une « relative facilité des méthodes pour décomposer l'activité comparée à leur difficulté chronique à recomposer cette activité sous forme de modèle pertinent de l'opérateur et prédictible pour le domaine d'application » (p. 210). Nous pensons que la méthode proposée ici tend à satisfaire cette volonté.

Malgré les nombreux avantages de l'analyse des protocoles, son exploitation reste à ce jour très limitée en raison de son caractère particulièrement chronophage. Son application nécessite entre 10 et 20 heures d'analyse par heure d'enregistrement (voir aussi Jordan & Henderson, 1995). Cette limite souligne l'importance d'automatiser et d'informatiser une partie du traitement des protocoles, afin de mieux satisfaire les contraintes temporelles des interventions ergonomiques. Avec l'avancée des méthodes de traitement automatique du langage, il semble possible que des

outils puissent, à terme, aider à identifier les marqueurs langagiers plus automatiquement (Khademi & Cegarra, 2012). De plus, l'automatisation est synonyme d'uniformisation, ce qui constitue un argument supplémentaire en faveur de cette perspective de recherche.

## 2. Bilan et perspectives théoriques

L'abondance et la diversité des résultats obtenus au cours des différentes études nous ont permis d'apporter un grand nombre de contributions théoriques. Des éléments théoriques en relation avec l'ordonnancement, l'incertitude, mais concernant aussi les secteurs étudiés (TRM et SSIAD) ont été avancés tout au long du manuscrit. Loin d'être exhaustive, cette revue de la littérature a mis l'accent sur un point largement négligé dans la littérature de l'ordonnancement: la pluridisciplinarité. En effet, l'approche pluridisciplinaire demeure encore isolée et les chercheurs sont trop souvent cantonnés dans les limites de leur discipline de prédilection. Ainsi, la littérature de l'ordonnancement présente une configuration bipolaire, avec d'un côté les nombreux travaux en sciences de l'ingénieur, abordant les aspects mathématiques, et de l'autre, les travaux en sciences humaines, nettement moins abondants. Les perspectives de recherche les plus attrayantes se situent certainement entre ces deux pôles; et les collaborations interdisciplinaires représentent la voie pour accéder à une activité d'ordonnancement plus sûre et plus performante.

À la suite des études menées dans le TRM et dans le SSIAD, nous avons apporté une quantité conséquente de résultats descriptifs. Ces résultats basés sur une démarche fine d'analyse ont permis d'appréhender ces deux secteurs d'activité sous un angle nouveau. En accédant à des processus imperceptibles et à des variables « implicites », cette approche alternative nous a permis de dresser un portrait plus précis et plus actualisé de ces deux secteurs majeurs.

Évidemment, au-delà des résultats descriptifs, les contributions majeures de ce projet de recherche concerne les processus cognitifs dans l'activité d'ordonnancement et la gestion de l'incertitude. À ce titre, deux modèles ont été présentés : le schéma du « cheminement cognitif » et une nouvelle version de l'heuristique de gestion de l'incertitude (RAWFS) (cf. figure 50).

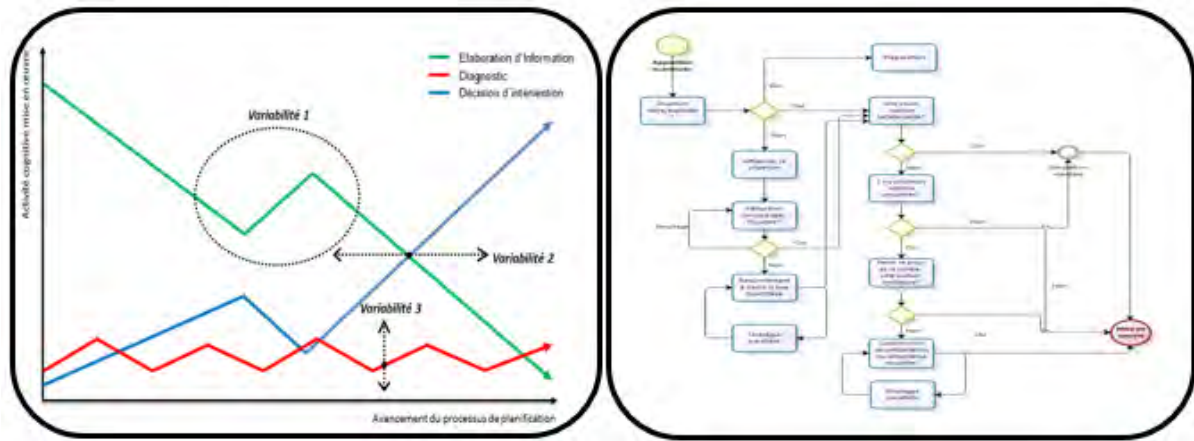


Figure 50. Modèles théoriques proposés.

Le modèle du cheminement cognitif a permis de mettre en évidence l'existence de processus cognitifs communs à différentes situations d'ordonnancement. Ce modèle souligne également plusieurs sources potentielles de variabilité entre différentes situations. À travers la démarche comparative, nous avons constaté que ces variations dépendaient de caractéristiques propres à la tâche et à la situation, telles que les sources d'incertitude ou la nature des contraintes. À ce stade, le modèle présente encore des limites qu'il faudra combler dans le futur. Tout d'abord, il est impossible d'assurer la validité d'un modèle, alors qu'il ne repose « que » sur trois situations d'ordonnancement, au sein de deux secteurs d'activité. Par conséquent, celui-ci devra être confronté à de nouveaux cas d'étude, afin de tester sa validité. De plus, comme nous l'avons évoqué précédemment, le modèle est basé uniquement sur des séquences d'ordonnancement continues. Dès lors, sa validité reste également à confirmer dans les séquences plus complexes, où la tâche d'ordonnancement serait interrompue ou délaissée provisoirement. L'analyse des séquences discontinues devra se conjuguer avec une évolution méthodologique, permettant de regrouper les données dispersées relatives à la même séquence d'ordonnancement.

Malgré ces limites, le modèle du cheminement cognitif offre un nombre important de perspectives de recherche. Au même titre que la démarche de confrontation inter-domaines qui a été exposée dans le chapitre de synthèse comparative, il serait également intéressant d'effectuer des comparaisons inter-sujets. L'idée serait, par exemple, d'observer les variations de l'activité cognitive mise en jeu, selon le niveau d'expertise de l'ordonnanceur. Une autre perspective serait de reproduire la démarche d'analyse en laboratoire, au cours de séquences d'ordonnancement simulées, avec un contrôle plus optimal des variables. En effet, il est aisé d'isoler une ou deux variables indépendantes en laboratoire, alors qu'en conditions réelles, les variabilités sont moins contrôlables et que les effets d'interaction peuvent être nombreux. Enfin, dans le cadre d'une étude permettant d'accéder à un nombre important de séquences d'ordonnancement, le niveau d'analyse pourrait être affiné. Ainsi, plutôt que de s'intéresser à l'évolution des classes d'activités

cognitives (élaboration d'information, diagnostic, décision d'intervention), c'est l'évolution des prédicats qui serait prise en compte.

Le second modèle proposé au cours de nos travaux porte sur la gestion de l'incertitude dans les cas critiques, lorsque celle-ci devient une cause de blocage de l'action. Il s'agit plus précisément d'une nouvelle version de l'heuristique RAWFS proposée par Lipshitz et Strauss (1997). Ce modèle permet d'identifier les stratégies mises en place par l'opérateur pour résoudre un problème lié à l'incertitude, mais aussi de comprendre l'acheminement de son raisonnement et l'enchaînement de ses stratégies. L'heuristique proposée aspire naturellement à être corroborée par un nombre de situations plus important.

Déceler les stratégies de gestion de l'incertitude représente une étape indispensable à la conception d'outils d'aide à la prise de décision centrés sur l'utilisateur. Dès lors, il serait particulièrement intéressant d'étudier la performance et la charge de travail de l'ordonnanceur, selon qu'il dispose d'une interface ergonomique basée sur l'heuristique, ou d'un logiciel d'assistance traditionnel.

### 3. Bilan et perspectives pratiques

La dernière contribution que nous souhaitons mettre en avant est la typologie des situations d'ordonnancement. Résultant d'une analyse bibliographique pluridisciplinaire, cette typologie regroupe les dimensions communes aux situations d'ordonnancement (cf. tableau 22). Dans le cadre de nos travaux, l'utilisation de cette typologie s'est principalement faite à des fins de description et de comparaison des différentes situations explorés. Néanmoins, nous considérons que le potentiel de cet outil dépasse largement son cadre d'application actuel.

Tableau 22. Typologie des dimensions communes aux situations d'ordonnancement.

Horizon temporel d'ordonnancement	<i>Caractéristiques et spécificités de la situation décrite</i>
Conditions d'ordonnancement	
Environnement d'ordonnancement	
Règles d'ordonnancement	
Phases d'ordonnancement	
Indicateurs d'ordonnancement	
Exigences cognitives	
Sources et types d'incertitude	

Dans le cadre de la démarche comparative inter-situationnelle, nous avons pu mettre en évidence des effets convergents liés aux dimensions d'incertitude, aux conditions (nature de contrainte) ou encore à la dynamique de la situation. Autant de dimensions qui conditionnent le niveau de complexité dans une situation de prise de décision. Cependant, la complexité est un concept multi-causal (Cegarra, 2012) ; et la définition de ses contours doit obligatoirement reposer sur une analyse approfondie de la littérature. Une piste particulièrement attrayante alors, serait de déduire le niveau de complexité d'une situation, à partir de ses caractéristiques répertoriées à l'aide de la typologie proposée. Cette évolution, permettrait de mettre en place la démarche comparative inter-situationnelle, en se basant sur un indicateur général d'évaluation : le niveau de complexité.

L'application d'un tel outil ne se limiterait pas à la démarche purement scientifique de comparaison. En établissant des liens robustes entre la complexité et les différentes dimensions représentées dans la typologie, nous pourrions imaginer que cet outil fasse apparaître des spécificités intra-situationnelle. L'intérêt, notamment pour l'ergonome de terrain, serait alors de détecter les dimensions les plus complexes au sein d'une situation d'ordonnancement, afin d'aiguiller et de prioriser au mieux les actions d'amélioration et de prévention.

Cette évolution pratique et stratégique de la typologie représente une perspective de recherche ambitieuse, mais réalisable. En tout état de cause, si celle-ci venait à se concrétiser, cela représenterait un exemple remarquable d'alliage entre contributions scientifiques et préoccupations pratiques.

\*\*\*

### ***Et alors ?***

\*\*\*

Maurice de Montmollin (1926-2013), considéré comme l'un des précurseurs de l'ergonomie en France, avançait dans l'un de ses derniers ouvrages (2002) que les ergonomes éprouvaient la plus grande peine du monde à répondre à cette question : « *et alors ?* ». Une faiblesse que De Montmollin (op. cit.) désignait comme la principale raison du retrait de l'ergonomie par rapport à des approches telles que le Taylorisme. Cette remise en question a fait l'objet de grands débats passionnants et passionnés au sein même de la communauté des ergonomes (voir Hubault & Bourgeois, 2004), et de nombreux contre-arguments ont été apportés à la thèse de De Montmollin. Cependant, si l'un des fondateurs de l'ergonomie a pu émettre une telle interrogation sur la finalité des travaux de cette discipline, nous pouvons penser, en toute légitimité, que le lecteur du présent

manuscrit, initié ou non à l'ergonomie, pourrait être tout aussi perplexe à ce stade. Nous allons donc tenter d'apporter quelques éléments de réponse à son questionnement : « *et alors ?* ».

En nous basant sur quelques enseignements issus de nos travaux, nous allons proposer une nouvelle piste d'investigation dans le cadre de notre objectif initial, à savoir une contribution à rendre les systèmes d'ordonnancement plus sûrs et plus efficaces.

Tout d'abord, nous avons vu que les activités d'élaboration d'informations étaient particulièrement importantes au cours de l'ordonnancement, puisqu'elles représentent environ la moitié des énoncés codés (50% dans le TRM et 56% et 44% dans le SSIAD). De plus, en se référant au modèle du cheminement cognitif (cf. figure 47, page 138), nous constatons que cette récolte d'informations se concentre principalement au début du processus d'ordonnancement. Tout comme les fondements d'un édifice, la phase d'élaboration d'informations est indispensable à la construction d'un ordonnancement. Celle-ci permet à l'ordonnanceur de construire et de renforcer sa représentation de la situation, à partir de laquelle il pourra résoudre un problème d'ordonnancement.

De plus, nos résultats ont démontré l'existence d'un lien fort entre les activités d'élaboration d'information et la gestion de l'incertitude. En effet, nous avons constaté qu'une situation plus incertaine exige davantage d'activités d'élaboration d'informations. Ce lien a également été confirmé à travers l'analyse plus spécifique des séquences critiques de gestion de l'incertitude, qui a mis en exergue une mise en place systématique et privilégiée de la stratégie de « réduction ». Cette stratégie consiste à réduire le niveau de l'incertitude, en recherchant notamment des informations supplémentaires ou différentes.

Enfin, au-delà des résultats exposés tout au long de ce manuscrit, notre approche en conditions réelles nous a permis de relever un point particulièrement attrayant. En effet, nous avons constaté que les logiciels informatiques étaient utilisés quasi-exclusivement dans un objectif de prise d'information, tels que la vérification de la disponibilité d'une ressource, la position d'un véhicule ou encore des précisions sur la demande du client. Ainsi, bien que des fonctionnalités visant à automatiser une partie de l'ordonnancement soient mises à disposition des opérateurs, celles-ci ne sont pas réellement exploitées. Évidemment, il n'est pas opportun de généraliser cette observation à l'ensemble des situations d'ordonnancement. Pour autant, il ne s'agit pas d'un constat isolé, puisque celui-ci converge avec d'autres travaux en Recherche Opérationnelle. Cela corrobore également les travaux de McKay (2001), qui a montré que l'utilisation d'un SAD uniquement à des fins de recueil d'information (ordonnancement manuel), conduisait à une nette amélioration de la performance.



Au vu de l'ensemble de ces enseignements, un schéma de collaboration Homme-Machine semble se dessiner. Celui-ci correspondrait à un système où l'opérateur humain serait placé au cœur du dispositif décisionnel ; il serait alors soutenu par l'outil informatique, dont le rôle consisterait principalement à maximiser et faciliter l'accès aux différentes informations nécessaires.

Cette conclusion nous conduit à penser que le champ des Progiciels de Gestion Intégrée (PGI), plus communément appelés **Enterprise Resource Planning (ERP)**, pourrait être une excellente piste d'investigation dans un contexte d'amélioration des systèmes d'ordonnancement.

L'ERP est un outil de pilotage et d'aide à la décision, basé sur un ensemble d'informations centralisées et réactualisées en temps réel, visant à simplifier la gestion et à accroître la performance de l'entreprise (Tournant & Azan, 2003). Les ERP regroupent un ensemble de fonctionnalités, telles que la comptabilité, la gestion des ressources humaines, les achats et les ventes, mais également la planification et l'ordonnancement.

L'ERP est donc un outil orienté Système d'Information (SI), mutualisant un très grand nombre de données. Cette particularité fait directement écho aux enseignements issus de nos travaux, mettant l'accent sur l'accès à l'information. De plus, d'autres éléments intrinsèques, contextuels ou stratégiques renforcent notre postulat en faveur d'un rapprochement entre l'ordonnancement et l'ERP. À travers les développements suivants, nous citerons quelques-uns de ces arguments.

Les Systèmes d'Aide à la Décision (SAD) spécifiques aux activités de planification et d'ordonnancement demeurent rares, et ils sont principalement réservés aux très grandes sociétés industrielles. À l'inverse, de par leur polyvalence et les fonctionnalités primaires de gestion qu'offrent les ERP, ces logiciels sont bien davantage plébiscités par les entreprises (Robey, Ross & Boudreau, 2002). Ainsi, selon une étude statistique d'Eurostat en 2015, 31% des entreprises - aussi bien parmi les grands groupes que les PME - disposent d'une solution de type ERP. C'est une tendance en forte hausse, puisque selon la même étude, ce chiffre a connu une augmentation de 10 points en pourcentage entre 2010 et 2014. Ainsi, l'ERP représente un outil d'aide à la décision généralisé et apparaît comme un excellent support dans le cadre de recherches appliquées sur l'ordonnancement.

Comme nous l'avons évoqué précédemment, les fonctionnalités de planification et d'ordonnancement sont déjà présentes au sein de la grande majorité des ERP ; il s'agit donc de tester et d'optimiser des supports existants. Cela rend la démarche de recherche plus aisée, en comparaison avec des travaux nécessitant la conception de nouvelles solutions.

Notons néanmoins que le marché des ERP est confronté aujourd'hui à un grand paradoxe. D'un côté, il est porté par des demandes d'implémentation de plus en plus nombreuses, provenant

d'une multitude de secteurs d'activité. De l'autre, l'utilisation des ERP par les opérateurs n'est pas toujours à la hauteur du lourd investissement qu'ils représentent pour les entreprises (Hedman & Henningson, 2008). Besson et Rowe (2011) estiment que le risque d'échec<sup>12</sup> se situe entre 50% et 60% : un taux important, dont le risque d'échec peut affecter de nombreux acteurs économiques qui sont freinés dans la mise en place de ce type d'outils d'aide à la décision. Ce point conforte notre argumentation et souligne la nécessité d'améliorer les ERP, aussi bien pour les éditeurs que pour les utilisateurs.

La figure 51 schématise les différents éléments exposés en faveur d'une réflexion menée autour de l'utilisation de l'ERP comme principal outil d'aide à l'ordonnancement.

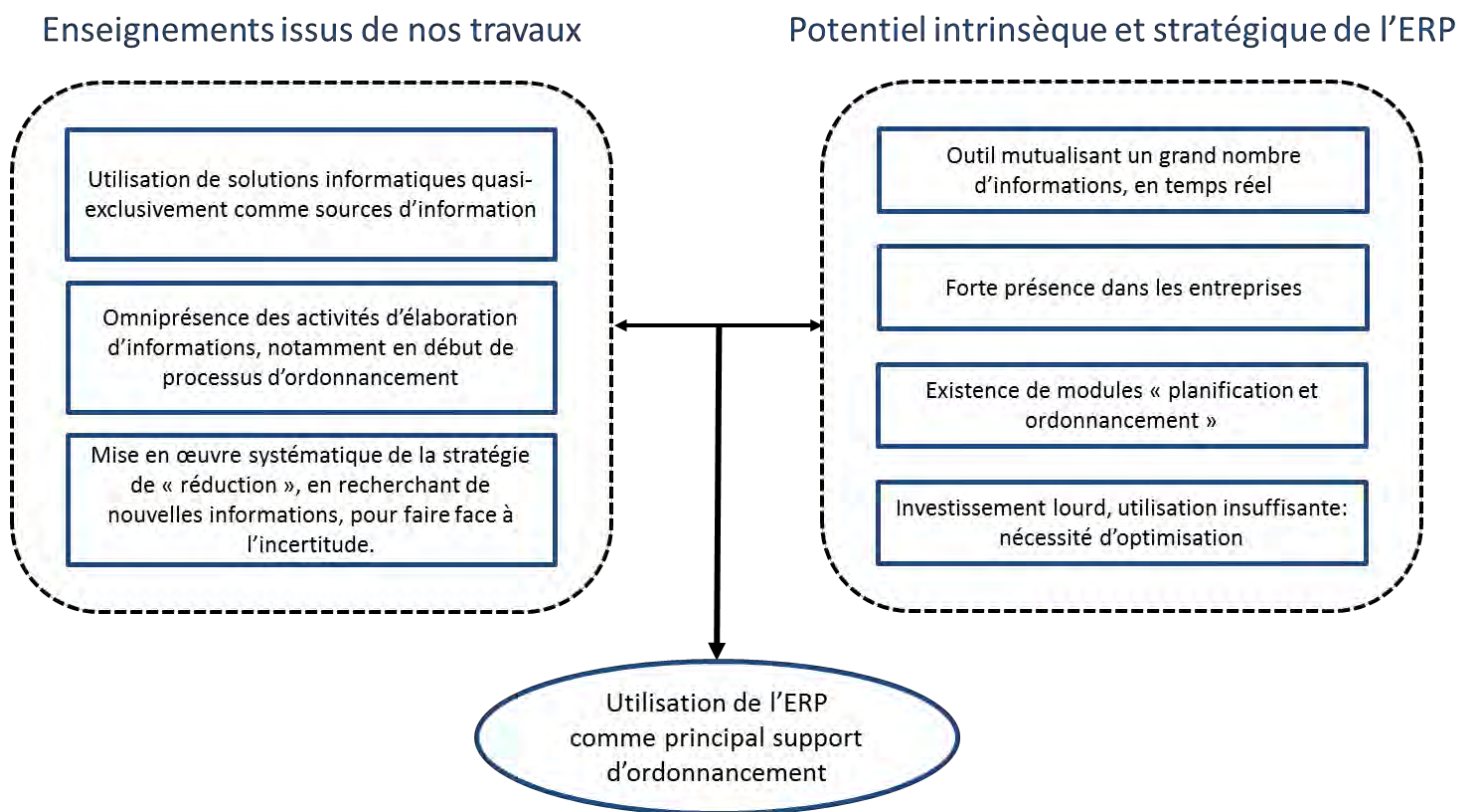


Figure 51. Éléments en faveur de travaux de recherche alliant l'ordonnancement et l'ERP.

Dans le cadre d'une étude récente, Syntec Numérique<sup>13</sup> s'est penché sur les raisons d'échec des solutions d'aide à la décision de type ERP. Parmi les principaux facteurs de cette inefficacité, nous retrouvons une mauvaise définition des besoins, des attentes ou des objectifs (expliquant 18% des cas d'échec), l'inadaptation ou la sur-dimension (ou sous-dimension) des fonctionnalités (16%) ou un manque d'association des utilisateurs au projet (9%). De plus, dans le cadre d'une

<sup>12</sup> Le terme « échec » fait ici référence à une utilisation jugée absente, trop partielle, ou conduisant à une baisse de la performance.

<sup>13</sup> Premier syndicat de l'écosystème numérique en France

étude qualitative, Ait-Taleb (2014) évoque une prise en compte insuffisante des connaissances et des compétences antérieures, comme une autre explication à ces échecs.

Bien que l'ensemble des éditeurs de progiciels revendiquent une phase d'analyse préliminaire au paramétrage et à l'implantation, il s'avère en réalité que cette analyse porte uniquement sur les objectifs annoncés, les facteurs situationnels et les tâches prescrites. En somme, l'activité réelle des opérateurs est encore trop souvent négligée (Sperandio, 2008). Cela conduit à un système où l'organisation et les opérateurs doivent s'adapter à l'outil, en suivant notamment les règles de « bonnes pratiques ». Le concept de *best practices* traduit l'idée selon laquelle un grand nombre de procédés standards seraient applicables et efficaces, quel que soit le contexte de l'entreprise et la nature de l'activité. Si dans un premier temps, cette approche a été perçue comme une excellente opportunité de standardiser les procédures et d'améliorer la productivité, elle est aujourd'hui largement remise en question par un grand nombre d'auteurs (Mayère, Grabot & Bazet, 2008). Ce mode opératoire, négligeant à la fois les spécificités des organisations et les différences interindividuelles, conduit à de nombreux échecs, tels ceux que nous avons relevés précédemment<sup>14</sup>.

Comprendre et modéliser les processus cognitifs sous-jacents à l'ordonnancement est une première étape sur la voie de l'amélioration de cette collaboration Homme-Machine. C'est précisément dans cet objectif que les contributions de cette thèse doctorale s'inscrivent. La seconde étape consiste à intégrer ces données dans le cadre de la démarche de conception. Cette première étape reste encore largement à développer et à consolider ; et une seconde étape doit s'ensuivre, qui devra surpasser la prégnance de la « culture conception » actuelle des firmes d'édition de progiciels.

Cette évolution à la fois scientifique et sociétale nécessitera du temps et de l'énergie. Une énergie qui devra être déployée notamment dans le cadre de collaborations interdisciplinaires, associant des disciplines telles que l'Ergonomie, la Recherche Opérationnelle (RO), l'Intelligence Artificielle (IA), l'anthropologie ; ou encore, des courants plus récents comme l'expérience utilisateur (UX), l'ingénierie de la résilience ou la Business Intelligence (BI). L'intérêt pour l'interdisciplinarité n'est pas nouveau, puisque le psychologue Kahler, cité par Wisner (1996), en faisait déjà son cheval de bataille en 1958. Avec l'accroissement des facteurs d'incertitude et de complexité couplé à l'émergence de nouvelles technologies, aujourd'hui, plus que jamais, ce décloisonnement scientifique semble incarner le chemin vers l'efficacité et la sécurité des systèmes socio-techniques.

---

<sup>14</sup> Cette critique, émanant notamment de la communauté des ergonomes, est également émise envers les systèmes de production tels que le *Lean Manufacturing* ou le *World Class Manufacturing*.

# Références

---

- Adlakha, V. & Kowalski, K. (2003). A simple heuristic for solving small fixed-charge transportation problems. *Omega*, 31(3), 205-211.
- Ahmad, M.M. & Dhafr, N. (2002), Establishing and improving manufacturing performance measures. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 18(3-4), 171-176.
- Ait-Taleb, N. (2014). Les facteurs structurels favorisant l'appropriation d'un ERP : le cas de SAP dans une industrie pétrochimique. *Management & Avenir*, 1(67), 192-206
- Amalberti, R. & Deblon, F. (1992). Cognitive modelling of fighter aircraft process control : a step towards an intelligent on-board assistance system. *International journal of man machine studies*, 36, 639-671.
- Amalberti, R. (2009). Violations et migrations ordinaires dans les interactions avec les systèmes automatisés. *Journal Européen des Systèmes Automatisés*, 6, 647-660.
- Amalberti, R., & Hoc, J.M. (1998). Analyse des activités cognitives en situation dynamique : pour quels buts ? Comment ? *Le Travail Humain*, 61, 209-234.
- Anthony, R.N. (1965). *Planning and Control Systems: A Framework for Analysis* . Cambridge, MA: Harvard University.
- Bainbridge, L. (1979). Verbal reports as evidence of the process operator's knowledge. *International journal of Man-Machine studies*, 11, 363-411.
- Bainbridge, L. (1992). Mental Models in Cognitive Skill: The Example of Industrial Process Operation. In Y. Rogers, A. Rutherford & P.A. Bibby (Eds.), *Models in the Mind : theory, perspective & application* (119-143). London: Academic Press.
- Baniel, F. (2009). *Prise en compte d'objectifs de stabilité pour l'organisation de collectes de déchets* (Thèse de doctorat en Systèmes Industriels non publiée). Institut National Polytechnique, Toulouse, France.
- Barthe, B. et Queinnec, Y. (1999). Terminologie et perspectives d'analyse du travail collectif en ergonomie. *L'année Psychologique*, 99 (4), 663-686.

- Bastide, R., Bardy, P., Borrel, B., Boszodi, C., Bouet, M., Gayraud, E., Gourc, D., Lamine, E., Manenq, P.-H., Schneider & M., Toumani, F. (2014). Plas'O'Soins: A software platform for modeling, planning and monitoring homecare activities. *IRBM*, 82-85.
- Beamon, B.M. (1999). Measuring supply chain performance. *Int. J. Oper. Prod. Manag.* 19, 275-292.
- Bedwell, W.L., Wildman, J., DiazGranados, D., Salazar, M., Kramer, W.S., et Salas, E. (2012). Collaboration at work: An integrative multilevel conceptualization. *Human Resource Management Review*, 22, 128-145.
- Bedwell, W.L., Wildman, J.L., DiazGranados, D., Salazar, M., Kramer, W. S., & Salas, E. (2012). Collaboration at work: An integrative multilevel conceptualization. *Human Resource Management Review*, 22, 128-145.
- Bégoïn-Augereau, S. & Caron-Pargue, J. (2010). Modified decision processes marked by linguistic forms in a problem solving task. *Cognitive Systems Research*, 11(3), 260-286.
- Begur, S. V., Miller, D. M. & Weaver, J. R. (1997). An integrated spatial decision support system for scheduling and routing home health care nurses. *Institute of Operations Research and the Management Science*, 27(4), 35-48.
- Ben Bachouch, R., Fakhfakh, M., Guinet, A. & Hajri-Gabouj, S. (2009). Planification des tournées des infirmiers dans une structure de soins à domicile. HAL-00381510.
- Bennett, A.R. (2009). *Home health care logistics planning* (mémoire de recherche). Georgia Institute of Technology, USA
- Bennett, A.R., Mason, S., Kamali, B. (2011). Characterizing the home healthcare supply chain. Presented at Industrial Engineering Research Conference, Reno, NV.
- Berkeley, D., & Humphreys, P. (1982). Structuring decision problems and the 'bias heuristic'. *Acta Psychologica*, 50, 201-252.
- Bertels, S. & Fahle, T. (2006). A hybrid setup for a hybrid scenario: combining heuristics for the home health care problem. *Computers & Operations Research* 33(10), 2866 – 2890.
- Bertrand, J. W. M., & Fransoo, J. C. (2002). Operations management research methodologies using quantitative modeling. *Operations Management Research*, 22(2), 241-264.

- Besson P., Rowe F. (2012). Strategizing information systems-enabled organizational transformation: A transdisciplinary review and new directions. *Journal of Strategic Information Systems*, 21, 103–124.
- Billaut J.-C., Moukrim, A. & Sanlaville, E. (2005). *Flexibilité et robustesse en ordonnancement*. Paris : Hermès Sciences.
- Bloom b. S. (1953). Thoughts processes in lectures and seminars. *Journal of General Education*, 7, 160-169.
- Bolduc M.-C. (2003). *Planification du transport de charges partielles d'un dépôt : répartition, livraison et revenu de retour* (Essai de maîtrise). Faculté des sciences de l'administration, Université Laval, Québec.
- Bonfill, A., Espuna, A. & L. Puigjaner, L. (2008). Decision support framework for coordinated production and transport scheduling in SCM. *Computers and Chemical Engineering*, 32, 1206–1224.
- Boubée, N. (2010). La méthode de l'autoconfrontation : une méthode bien adaptée à l'investigation de l'activité de recherche d'information? *Études de communication*. Repéré à <http://edc.revues.org/2265>.
- Boysen. N., Fliender, & M. Scholl, A. (2010). Scheduling inbound and outbound trucks at cross docking terminals. *OR Spectrum* 32(1), 135–161.
- Brehmer, B., & Dörner, D. (1993). Experiments with Computer-simulated Microworlds: Escaping both the narrow straits of the laboratory and the deep blue sea of the field study. *Computers in Human Behavior*, 9, 171-184.
- Bressé S. (2004). Les bénéficiaires des services d'aide et de soins aux personnes à domicile en 2000. *Étude et résultats*, 296.
- Bresse, S. (2004). Les services de soins infirmiers à domicile (SSIAD) et l'offre de soins infirmiers aux personnes âgées en 2002. *Études et Résultats*, DREES (350).
- Briol, P. (2008). *The Business Process Modeling Notation BPMN 2.0 Distilled*. Business & Economics, consulté à [www.ingenieriedesprocessus.net](http://www.ingenieriedesprocessus.net).
- Bruner, J., Goodnow, J.J., & Austin, G.A. (1953). *A Study of Thinking*. New York: John Wiley.

- Caron, J. & Caron-Prague, J. (1991). *Opérateurs modaux et représentation cognitive: recherches sur la compréhension et la production de marqueurs modaux*. Communication présentée au Congrès de la Société française de psychologie, Clermont-Ferrand, France.
- Caron, J. (2005). La linguistique et la psychologie I : le rapport entre le langage et la pensée au XXème siècle. In S. Auroux & al. (eds.), *Histoire des Sciences du Langage*. Berlin : W. de Gruyter.
- Caron, J. et Caron-Pargue J. (1994). Le traitement des modalités dans les langages naturelles. Proceedings of the 5th International Conference « *Information Processing and Management of Uncertainty in knowledge-based systems* », 1202-1207.
- Caron-Pargue, J. & Caron, J. (1991). Psychopragmatics vs. sociopragmatics: the function of pragmatic markers in think aloud protocols. In Verschueren, J. (Ed.), *Pragmatics at issue*. Selected papers of the International Pragmatics Conference (29-36). Amsterdam: Benjamins.
- Caron-Pargue, J., & Caron, J. (1989). Processus psycholinguistiques et analyse des verbalisations dans une tâche cognitive. *Archives de Psychologie*, 57, 3-32.
- Caron-Pargue, J., & Caron, J. (2000). Les interjections comme marqueurs du fonctionnement cognitif. *Cahiers de praxématique*, 34, 51-76.
- Carpentier, F-G. (2005). Introduction aux analyses multidimensionnelles. Non publié.
- Caverni, J.P. (1988). *La verbalisation comme source d'observable pour l'étude du fonctionnement cognitif*. *Psychologie cognitive: modèles et méthodes*. Grenoble: P.U.G.
- Cegarra, J. (2004). *La gestion de la complexité dans la planification: le cas de l'ordonnancement* (Thèse de Doctorat en Psychologie non publiée). Université de Paris 8, Paris, France.
- Cegarra, J. (2008). A cognitive typology of scheduling situations: A contribution to laboratory and field studies. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 9(3), 201-222.
- Cegarra, J. (2012). De la gestion de la complexité à son assistance: contributions en psychologie ergonomique. (Habilitation à diriger des recherches non publiée). Université Toulouse II, Toulouse, France.

- Cegarra, J., & Hoc, J.-M. (2008). The role of algorithm and result comprehensibility of automated scheduling on complacency. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 28(6), 603-620.
- Cegarra, J., Gacias, B. & Lopez, P. (2012). Implications of technological changes in vehicle routing interfaces for planners' constraint processing. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing and Service Industries*, 22(5), 468-480.
- Cellier, J.M. (1996). Exigences et gestion temporelle dans les environnements dynamiques. In Cellier, J.M. de Keyser, V. et Valot, C. (Eds.), *La gestion du temps dans les environnements dynamiques* (19-48). Paris : PUF.
- Cellier, J.-M., Eyrolle, H., & Mariné, C. (1997). Expertise in dynamic environments. *Ergonomics*, 40, 28-50.
- Chanas, S. & Kuchta, D. (1996). A concept of the optimal solution of the transportation problem with fuzzy cost coefficients. *Fuzzy Sets Syst.* 82, 299-305.
- Chanas, S., Delgado, M., Verdegay, J.L. & Vila, M.A. (1993). Ranking fuzzy interval numbers in the setting of random sets. *Information Sciences*, 69(3), 201-217.
- Chauvin, C. (2000). Analyse de l'activité d'anticollision à bord des navires de commerce: des marques linguistiques aux représentations mentales. *Le Travail Humain*, 63, 31-58.
- Chevalier, A., & Cegarra, J. (2008). Une approche psychologique de la notion de contraintes en résolution de problèmes. *Le Travail Humain*, 71, 173-198.
- Chevreur, K. (2009). *Les patients en service de soins infirmiers à domicile : le coût de leur prise en charge et ses déterminants*. Repéré sur le site du Ministère du Travail, des Relations sociales, de la famille et de la Solidarité : <http://travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/SSIAD.pdf>.
- Chiang, J. (2005). The optimal solution of the transportation problem with fuzzy demand and fuzzy product. *Journal of Information Science and Engineering*, 21(2), p. 439-451.
- CNAMTS. (2008). *Sinistralité 2008 des structures d'aide et de soin à domicile*. Repéré sur le site [http://www.risquesprofessionnels.ameli.fr/fileadmin/user\\_upload/document\\_PDF\\_a\\_tel\\_echarger/etudes\\_statistiques](http://www.risquesprofessionnels.ameli.fr/fileadmin/user_upload/document_PDF_a_tel_echarger/etudes_statistiques).



- Cohen, J. (1980). Trend the analysis the easy way. *Educational and Psychological measurement*, 40, 565-568.
- Cohen, M.S., Tolcott, M.A., & McIntyre, J.R. (1987). *Display techniques for pilot interactions with intelligent avionics: A cognitive approach Falls*. Decision Science Consortium.
- Coskun, E. & Grabowski, M. (2005). Software complexity and its impacts in embedded intelligent real-time systems. *The Journal of Systems and Software*, 78, 128-145.
- Cowling, P. (2001). Design and Implementation of an Effective Decision Support System: A Case Study in Steel Hot Rolling Mill Scheduling. In B.L. MacCarthy & J.R. Wilson (Eds.), *Human performance in planning and scheduling: fieldwork studies, methodologies and research issues* (217-230). London: Taylor & Francis.
- Crainic, T. G. & Laporte, G. (1997), Planning models for freight transportation, *European Journal of Operational Research* 97(3), 409–439.
- Crainic, T.G. & Laporte, G. (1997). *Planning models for freight transportation*. *European Journal of Operational Research*, 97(3), 409–439.
- Crawford, S., & Wiers, V. C. S. (2001). From anecdotes to theory: A review of existing knowledge on human factors of planning and scheduling. In B. L. MacCarthy & J. R. Wilson (Eds.), *Human performance in planning and scheduling (Fieldwork studies, methodologies and research issues,15-43)*. London: Taylor & Francis.
- Crawford, S., MacCarthy, B. L., Wilson, J. R., & Vernon, C. (1999). Investigating the work of industrial schedulers through field study. *Cognition, Technology & Work*, 1, 63-77.
- Culioli, A. (1985). Notes du séminaire de DEA Poitiers, Département de recherches linguistiques.
- Culioli, A. (1985). Notes du séminaire de DEA Poitiers. Département de recherches linguistiques.
- Culioli, A. (1990). *Pour une linguistique de l'énonciation. Opérations et représentations*. Paris : Ophrys.
- Culioli, A. (1990). *Pour une linguistique de l'énonciation. Opérations et représentations*. Paris : Ophrys.

- Cuvelier, L. & Falzon, P. (2015). The collective construction of safety: a trade-off between “understanding” and “doing” in managing dynamic situations. *Applied Ergonomics*, 41, 117-126.
- Dahiya , K. & Verma ,V. (2007). Capacitated transportation problem with bounds on rim conditions. *Europeon Journal of Operational Research*, 178(3), 718-737.
- Dantzig, G. & Ramser, J. (1959). The truck dispatching problem. *Management Science*, 6 (1), 80-91.
- Darses, F., Hoc, J-M. & Chauvin, C. (2004), Cadres théoriques et méthodes de production de connaissances en psychologie ergonomique, in *Psychologie ergonomique : Tendances actuelles* (221-251), Paris : P.U.F.
- Datavyu Team (2014). *Datavyu: A Video Coding Tool*. Databrary Project, New York University. url : <http://datavyu.org>.
- De Croon, E.M., Kuijer, P.F.M., Broersen, J.P.J. & Frings-Dresen, M.H.W. (2004). Information technology and road transport industry: how does IT affect the lorry driver? *Applied Ergonomics*, 35, 313-320.
- Denecker, P. & Hoc J-M. (1997). Analysis of the effects of a support of anticipation in the supervision of a long-time lag process: the blast furnace. In S. Bagnara, E. Hollnagel, M. Mariani, et L. Norros (Ed.), *Time and space in process control - 6th European Conference on Cognitive Science Approach to Process Control* (165-170), CNR, Instituto di Psicologia, Italie, Rome.
- Denecker, P. (1999). Les composantes symboliques et subsymboliques de l'anticipation dans la gestion des situations dynamiques. *Le Travail Humain*, 62, 363-385.
- Diagne, S. G. & Gningue, Y. (2011). Méthode de Vogel Modifiée pour la résolution du problème de transport simple. *Applied Mathematical Sciences*, 5(48), 2373-2388.
- Dios, M., Molina-Pariente, J.M., Fernandez-Viagas, V., Andrade-Pineda, J.L. & Framinan, J.M. (2015). A Decision Support System for Operating Room scheduling. *Computers and Industrial Engineering*, 88, 430-443.
- Dörner, D. (1980): On the Difficulties People have in Dealing with Complexity. *Simulation & Games*, 11, 87-106.

- Dumazeau, C. & Karsenty, L. (2008). Communications distantes en situation de travail : favoriser l'établissement d'un contexte mutuellement partagé. *Le Travail Humain*, 71 (3), p. 225-252.
- Eksioglu, B., Vural, A. V. & Reisman, A. (2009). The Vehicle Routing Problem: A Taxonomic Review. *Computers and Industrial Engineering*, 57, 1472-1483.
- Endsley, M. & Jones, D.G. (2004). *Designing for Situation Awareness: An approach to used-centred design*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis.
- Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37(1), 32-64.
- Ericsson, K. A. & Simon, H. A. (1984). *Protocol analysis: Verbal reports as data*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Ericsson, K.A. & Simon, H.A. (1993). *Protocol analysis: Verbal reports as data*. Cambridge, MIT Press.
- Erschler, J. & Grabot, B. (2001). *Organisation et gestion de la production*. Paris : Hermès Sciences.
- Esquirol, P. & Lopez, P. (1999). *L'ordonnancement*. Paris: Economica.
- Eveborn, P., Flisberg, P., & M. Rönnqvist, M. (2006). Laps care, an operational system for staff planning of home care, *Eur J Oper Res*, 171, 962-976.
- Faïta, D. (1997). La conduite du TGV : exercices de styles. *Champs Visuels*, 6,75-86.
- Falardeau, É., Pelletier, C. & Pelletier, D. (2014). La méthode de la pensée à voix haute pour analyser les difficultés en lecture des élèves de 14 à 17 ans. *Éducation et didactique*, 8(3).
- Falzon, P. (2004). Nature, objectifs et connaissances de l'ergonomie. In P. Falzon (Ed.) *Ergonomie*. Paris : PUF.
- Figueira, G., Amorim, P., Guimarães, L., Amorim-Lopez, M., Neves-Moreira, F. & Almada-Lobo, B. (2015). A decision support system for the operational production planning and scheduling of an integrated pulp and paper mill. *Computers & Chemical Engineering*, 77, 85-104.
- Fisher, M.L. & Jaikumar, R. (1981). A generalized assignment heuristic for vehicle routing. *Networks*, 11, 109-124.

- Fisher, M.L. & Jaikumar, R. (1978). *A decomposition algorithm for large-scale vehicle routing*. Working Paper Dept. of Decision Sciences. University of Pennsylvania, Philadelphia.
- Forrierre, J., Anceaux, F., Cegarra, J. & Six, F. (2011). L'activité des conducteurs de travaux sur les chantiers de construction: ordonnancement et supervision de situation dynamique. *Le Travail Humain*. 74(3), 283-308.
- Fox, C.R., & Tversky, A. (1995). Ambiguity Aversion and Comparative Ignorance. *Quarterly Journal of Economics*, 110(3), 585-603.
- Fransoo, J. C., Waefler, T., & Wilson, J. R. (2011). *Behavioral operations in planning and scheduling*. Berlin : Springer.
- Gacias, B., (2010). Une approche interdisciplinaire pour l'ordonnancement des transports (Thèse de doctorat en Systèmes Industriels et Systèmes Informatiques non publiée). Université Paul Sabatier, Toulouse, France.
- Gacias, B., Cegarra, J. & Lopez, P. (2012). Scheduler-oriented algorithms to improve human-machine cooperation in transportation scheduling support systems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 25(4), 801-813.
- Gasser, R., Fischer, K., & Wäfler, T. (2011). Decision Making in Planning and Scheduling: A Field Study of Planning Behaviour in Manufacturing. In J. C. Fransoo, T. Wäfler, & J.R. Wilson (Eds.), *Behavioral Operations in Planning and Scheduling* (11 - 30). Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer.
- Govaere, V. (2002). L'évolution du travail avec les Nouvelles Technologies de l'information et de la communication (NTIC) – 1. Définitions et mode d'emploi. *NST*, 221, I.N.R.S, Nancy, France.
- Greeno, J. G. (1978). Nature of problem-solving abilities. In W.K. Estes (Ed.), *Handbook on Learning and Cognitive Processes* (239-267). Hillsdale, New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates.
- Grellier, E. (2008). *Optimisation des tournées de véhicules dans le cadre de la logistique inverse : modélisation et résolution par des méthodes hybrides* (Thèse de doctorat en Informatique Appliquée spécialité Recherche Opérationnelle non publiée). Faculté des sciences et des techniques, Nantes, France.

- Grote, G. (2004). Uncertainty management at the core of system design. *Annual reviews in control*, 28, 267-274.
- Grote, G. (2014). Adding a strategic edge to human factors/ergonomics: principles for the management of uncertainty as cornerstones for system design. *Applied Ergonomics*, 45, 33-39.
- Guerin, C. & Hoc, J.M. (2011). *Gestion de contraintes et d'objets dans l'ordonnement manufacturier*. EPIQUE'2011, Metz, France, 25-40.
- Guérin, J., Riff, J. & Testevuide, S. (2004), Étude de l'activité « située » de collégiens en cours d'EPS. *Revue française de pédagogie*, 147.
- Gunasekaran, A., Patel, C. & Tirtiroglu, E. (2001). Performance measures and metrics in a supply chain environment. *Int. J. Oper. Prod. Manag.* 21, 71 - 87.
- Gupta, A. & Kumar, A. (2011). A new method for solving linear multi-objective transportation problems with fuzzy parameters. *Applied Mathematical Modelling*, 35(12), 5652-5661.
- Hedman, J & Henningson, S. (2008). ERP Systems in the extended Value Chain of the food industry. In Grabot, B., Mayère, A., & Bazet, I. (Eds), *ERP Systems and Organisational Change* (13-24). London : Springer.
- Herbadji, C. (2011). *La gestion sous Excel et BVA*. France : Eyrolles.
- Higgins, P.G. (2001). Architecture and Interface Aspects of Scheduling Decision Support. In B.L.
- Hirsch, W. & Dantzig, G.B. (1954). *The fixed charge problem*. RAND Corporation: Rept. RM.
- Hitchcock, F.L. (1941). The distribution of a product from several sources to numerous localities. *Journal of Mathematics and Physics*, 20, 224-230.
- Hittinger, B. (2010). *Les systèmes d'information embarqués dans le transport routier de marchandises : analyse ergonomique chez différents utilisateurs* (Mémoire en psychologie du travail non publié). Université Paul Verlaine, Metz, France
- Hoc, J.M. (1987). *Psychologie cognitive de la planification*. Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble.

- Hoc, J.M. (1991). Effets de l'expertise des opérateurs et de la complexité de la situation dans la conduite d'un processus continu à long délai de réponse : le haut fourneau. *Le Travail Humain*, 54, 225-249.
- Hoc, J.M. (1996). *Supervision et contrôle de processus: la cognition en situation dynamique*. Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble.
- Hoc, J.M. (2001). Towards a cognitive approach to human-machine cooperation in dynamic situations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 54, 509-540.
- Hoc, J.M. (2004). La gestion de situation dynamique. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (517-530). Paris: Presses Universitaires de France.
- Hoc, J.M., & Amalberti, R. (1994). Diagnostic et prise de décision dans les situations dynamiques. *Psychologie Française*, 39, 177-192.
- Hoc, J.M., & Amalberti, R. (1999). Analyse des activités cognitives en situation dynamique : d'un cadre théorique à une méthode. *Le Travail Humain*, 62, 97-129.
- Hoc, J.M., Debernard, S. (2002). Respective demands of task and function allocation on human-machine co-operation design: a psychological approach. *Connection Science*, 14, 283-295.
- Hoc, J.M., Guerin, C., & Mebarki, N. (2008). *The nature of expertise in scheduling: the case of university timetable design*. COST HOPS Conférence. Lausanne, Suisse.
- Hoc, J.M., Mebarki, N. & Cegarra, J. (2004). L'assistance à l'opérateur humain pour l'ordonnancement dans les ateliers manufacturiers. *Le Travail Humain*, 67, 181-208.
- Hoc, J.M., Guerin, C., & Mebarki, N. (2014). The nature of expertise in scheduling: the case of Timetabling. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 24(2), 192-206.
- Hollnagel, E., Mancini, G., & Woods, D.D. (Eds.). (1988). *Cognitive engineering in complex dynamic worlds*. London: Academic Press.
- Hubault, F., & Bourgeois, F. (2004). Disputes sur l'ergonomie de la tâche et de l'activité, ou la finalité de l'ergonomie en question. *Activités*, 1(1), 34-53.

- Ivina, V.M., & Mayerhofer, G. (1935). Étude de la profession de dispatcher et méthodes pour la sélection professionnelle dans les services de transports par camions automobiles. *Le Travail Humain*, 3, 297-327.
- Jordan, B., & Henderson, A. (1995). Interaction analysis: Foundations and practice. *The Journal of the Learning Sciences*, 4(1), 39-103.
- Kassay, F. (1981). Operator method for transportation problem with bounded variables. *Prace*, 4, 89-98.
- Khademi, K., & Cegarra, J. (2012). *Contributions méthodologiques en Psychologie Ergonomique et Psycholinguistique pour l'analyse de l'activité cognitive d'opérateurs*. Communication présentée au congrès de la Société Française de Psychologie, Montpellier, FR
- Kim, B. Kim, S. et Sahoo, S. (2006). Waste collection vehicle routing problem with time windows. *Computers and Operations Research*, 33(12), 3624-3642.
- Klein, G. (2008). Naturalistic decision making. *Human Factors*, 50(3), 456-460.
- Klein, T., & Govaere, V. (2012). Impacts des TIC sur le bien-être et la santé au travail. In Klein, T. & Ratier, D. *L'impact des TIC sur conditions de travail* (p. 161-183). Paris : Direction générale du travail.
- Konur, D., & Golias, M.M. (2013). Cost-stable truck scheduling at a cross-dock facility with unknown truck arrivals: A meta-heuristic approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation*, 49, 71-91.
- Kouvelis P. & Yu G. (1997). *Robust discrete optimization and its applications*. Kluwer Academic Publishers.
- Kumar, A. & Kaur, A. (2011). Application of Classical Transportation Methods for Solving Fuzzy Transportation Problems. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 11(5), 68 -80.
- Lacoste, Y. (1976). *La géographie, ça sert d'abord à faire la guerre*. Paris : Maspero.
- Laporte, G. & Louveaux, F.V. (1998). Solving stochastic routing problems with the integer l-shaped method. In : Crainic, G., Laporte, G. (Eds.), *Fleet Management and Logistics* (159-167). Boston : Kluwer Academic Publishers.

- Laporte, G., Mesa, J.A. & Ortega, F.A. (1998). Locating Stations on Rapid Transit Lines. Publication CRT-98-22. Centre for Research on Transportation, Montreal.
- Laporte, G., Nobert, Y. & Desrochers, M. (1985). Optimal routing under capacity and distance restrictions. *Operational researches*, 33, 1050-1073.
- Laphorn, B., & Hellemans, C. (2012). Construction et validation d'une échelle d'incertitude au travail. In S. Pohl, P. Desrumaux, & A.-M. Vonthron (Eds.), *Jugement socio-professionnel, innovation et efficacité au travail* (167-176). Paris: L'Harmattan.
- Lee, Y. H. & Iwata, K. (1991). Part ordering through simulation-optimization in an FMS. *International Journal of Production Research*, 29(7), 1309-1323.
- Lee, Y.-H., & Iwata, K. (1991). Part ordering through simulation-optimization in an FMS. *International Journal of Production Research*, 29(7), 1309-1323.
- Léglise, I. (1997). Intervention linguistique : théorie, pratique et intérêt dans le cadre de l'analyse de l'activité. *Linx*, 37, 169-182.
- Lenior, D., Janssen, W., Neerinx, M. & Shreibers, K. (2006). Human-actors engineering for smart transport: Decision support for car drivers and train traffic controllers. *Applied Ergonomics*, 37, 479-490.
- Leplat J. & Hoc J.-M. (1983). Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. Leplat J. (coord.) *L'analyse du travail en psychologie ergonomique* (47-60). Toulouse : Octarès.
- Letouzey, A. (2001). Ordonnancement interactif basé sur des indicateurs : applications à la gestion de commandes incertaines et à l'affectation des opérateurs. (Thèse de Doctorat en Systèmes Industriels non publiée). ENI, Tarbes, France.
- Letouzy, A. (2001). *Ordonnancement interactif basé sur des indicateurs : application à la gestion des commandes incertaines et à l'affectation des opérateurs* (Thèse de doctorat non publié). INP, Toulouse.
- Li, Z. & Lerapetritou, M. (2008). Process scheduling under uncertainty: Review and challenges. *Computers & Chemical Engineering*, 32(4), 715-727.
- Lipshitz, R., & Strauss, O. (1997). Coping with Uncertainty: A Naturalistic Decision Making Analysis. *Organizational Behavior and Human Decision Processing*, 69, 149-163.



- Liu, J. & MacCarthy, B. (1996). The classification of FMS scheduling problems. *International Journal of Production Research*, 34, 647-656.
- Liu, J. & MacCarthy, B.L, (1996). The classification of FMS scheduling problems. *International Journal of Production Research*, 34, 647-656.
- Lodree, E.J., Geiger, C.D. & Jiang, X. (2009). Taxonomy for integrating scheduling theory and human factors: Review and research opportunities. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(1), 39-51.
- Lohman, C., Fortuin, L. & Wouters, M. (2004) Designing a performance measurement system: A case study. *European journal of operation research*, 156, 267-286.
- Lohman, C., Fortuin, L. & Wouters, M. (2004). Designing a performance measurement system: A case study. *European Journal of Operational Research*, 156, 267-286.
- Lu, Z., Cui, W. & Han, X. (2015). Integrated production and preventive maintenance scheduling for a single machine with failure uncertainty. *Journal Computers and Industrial Engineering*, 80, 236-244.
- MacCarthy & J.R. Wilson (Eds.), *Human performance in planning and scheduling: fieldwork studies, methodologies and research issues* (p. 245-279). London: Taylor & Francis.
- Maisy, W. (2010). Informatique embarquée : la "conso" en ligne de mire. *L'Officiel des Transporteurs*, 2552, 42-43.
- Marchand, P. (2007). *Le grand oral - Les discours de politique générale de la Ve république*. Bruxelles : De Boeck.
- Marescaux, P.-J. (2007). Exigences, incertitudes et ajustement des conduites. *Le Travail Humain*, 70(3), 251-270.
- Marescaux, P.J. (2007). Exigences, incertitudes et ajustement des conduits. *Le travail Humain*, 70, 251-270.
- Martin, C., Hourlier, S., & Cegarra, J. (2013). La charge mentale de travail : un concept qui reste indispensable, l'exemple de l'aéronautique. *Le Travail Humain*, 76, 285-308.

- Matha, P., Rattat, A-C. & Cegarra, J. (2013). Effets de la pression temporelle sur les estimations de durées. *Psychologie Française*, 59(2014), 101-110.
- Mayer, R.E. (1977). *Thinking and problem solving: An introduction to human cognition and learning*. Glenview, IL: Scoot, Foresman.
- Mayère, A., Grabot, B. & Bazet, I. (2008). The Mutual Influence of the Tool and the Organisation. Dans Grabot, B., Mayère, A., & Bazet, I. (Eds), *ERP Systems and Organisational Change* (1-11). London : Springer.
- McKay K.N. & Wiers V.C.S. (2006). The Human Factor in Planning and Scheduling, in J. W. Herrmann (ed.), *Handbook of Production Scheduling* (23-57), New York : Springer.
- McKay, K.N. (2001). Lessons from the factory floor. In B. L. MacCarthy & J. R. Wilson (Eds.), *Human performance in planning and scheduling: Fieldwork studies, methodologies and research issues* (pp. 45-64). London: Taylor & Francis.
- McKay, K.N. (2001). Lessons from the Factory Floor. In B.L. MacCarthy & J.R. Wilson (Eds.), *Human performance in planning and scheduling: fieldwork studies, methodologies and research issues* (45-64). London: Taylor & Francis.
- McKay, K.N., Buzacott, J.A. & Safayeni, F.R. (1989). The scheduler's knowledge of uncertainty: the missing link. In J. Browne (Ed.), *Knowledge Based Production Management System* (171-189). Amsterdam : North-Holland.
- McKay, K.N., Safayeni, F. R., & Buzacott, J. A. (1988). Job-shop scheduling theory: What is relevant? *Interfaces*, 18(4), 84-90.
- McKay, K.N., Safayeni, F.R. & Buzacott, J.A. (1988). Job-shop scheduling theory: What is relevant? *Interfaces*, 4 (18), 84-90.
- Milburn, A.B. (2012). Operations research applications in home healthcare. In R. Hall (ed.), *Handbook of Healthcare System Scheduling* (281-303). New York: Springer.
- Mirabel-Sarron. (1995). Les marqueurs langagiers de la dépression (Thèse de Doctorat de Psychologie clinique non publiée). Université Paris 8, France.

- Mollard, R. & Wolff, M. (2014). Incorporating human factors into systems engineering processes: future trends. *Journal européen des systèmes automatisés*, 6, 251-260.
- Montmollin, M. (de), (2002). *Discours sur l'organisation du travail*. Paris : l'Harmattan.
- Moscato, M. (2005). *Analyse des tâches en ergonomie : méthodes, performances, facteurs humains*. Paris: Ellipses.
- Mun, S., Sassenrath, G. F., Schmidt, A., Lee, N., Wadsworth, M. C., Rice, B., Corbitt, Jason Q., Schneider, J. M., Tagert, M. L., Pote, J. & Prabhu, R. (2015). Uncertainty analysis of an irrigation scheduling model for water management in crop production. *Agricultural Water Managemen*, 155, 100-112.
- Nakamura, N. & Salvendy, G. (1994). Human planner and scheduler. In: Salvendy G. et Karwowski, W. (eds), *Design of Work and Development of Personnel in Advanced Manufacturing* (331-354). New York : John Wiley et Sons, Inc.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Neyns, V. (2011). *Les modalités du contrôle cognitif en situation dynamique : anticipation et gestion des dérives. Le cas de l'anesthésie* (Thèse de doctorat), Université de Toulouse.
- Nielsen G. (1962). *Studies in self confrontation. Viewing a sound motion pictures of self and another person in a stressful dyadic interaction*. Copenhague : Munksgaard.
- Nisbett, R. & Wilson, T. (1977). Telling more than we can know: Verbal reports on mental processes. *Psychological Review*, 84 (3), 231-259.
- Orasanu, J. & Connolly, T. (1993). The reinvention of decision making. In G. A. Klein, J. Orasanu & R. Calderwood R (Eds.), *Decision making in action: models and methods* (3-20). Norwood : Ablex.
- Osman, M. (2010). Controlling Uncertainty: A Review of Human Behavior in Complex Dynamic Environments. *Psychological Bulletin*, 136, 65-86.
- Ouedraogo, K.A., Enjalbert, S. & Vanderhaegen, F. (2013). How to learn from the resilience of Human-Machine Systems? *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 26, 24-34.

- Pelayo S., Loiselet A., Beuscart-Zéphir, M., Rogalski J. & Anceaux F. (2010). Proposition méthodologique pour l'analyse de la coopération dans une planification distribuée des actions. *Le Travail Humain*, 73(4) 361-383.
- Pillac, V., Guéret, C. & Medaglia, A. L. (2010). Dynamic vehicle routing: State of the art and prospects. Technical report. Ecole des Mines de Nantes, France.
- Pinot, G. (2008). Coopération homme-machine pour l'ordonnancement sous incertitude (Thèse de Génie informatique non publiée). Université de Nantes, France.
- Pinot, G., Mebarki, N. & Hoc, J.M. (2008). *Coopération homme-machine pour la mise en œuvre d'un ordonnancement de groupe*. Actes de la 5ème Conférence Internationale Francophone d'Automatique. Bucarest.
- Pinsky, L., & Theureau, J. (1987). Study of course of action and AI tools development in process control. In *1st European Meeting on Cognitive Science Approaches to Process Control*. Marcoussis, 19-20 Oct.
- Piolat, R. & Bannour (2009). EMOTAIX : Un Scénario de Tropes pour l'identification automatisée du lexique émotionnel et affectif. *L'Année Psychologique*, 109, 657-700
- Pistikopoulos, E.N. (1995). Uncertainty in process design and operations. *Computers & Chemical Engineering*, 19, 553-563.
- Polo, O. (2016). *Développement d'indicateurs de performance pour la gestion de la production* (rapport d'étude non publié), LAAS-CNRS, Toulouse.
- Rachev, S.T. & Olkin, I. (1999). Mass transportation problems with capacity constraints. *J. Appl. Probab*, 36, 433-445.
- Raheja, A.S. & Subramanian, V. (2002). Reactive recovery of job shop schedules – a review. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 756-763.
- Rasmussen, J. & Vicente, K. J. (1989). Coping with human errors through system design: Implications for ecological interface design. *International Journal of Man-Machine Studies*, 31, 517-534.

- Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, and knowledge: Signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, SMC*, 13(3), 257-266.
- Rasmussen, J. (1985). The role of hierarchical knowledge representation in decision making and system management. In IEEE: *International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, number SMC, 15*, 234-243.
- Rastegary, H. & Landy, F.J. (1993). The Interactions among Time Urgency, Uncertainty, and time Pressure, in O. Svenson & A.J. Maule (eds.). *Time Pressure and Stress in Human Judgment and Decision-Making*. (217-240). New York : Plenum Press.
- Ravary, J. (2008). *Ordonnancement sous incertitude* (Mémoire de Thèse non publiée). Université du Québec à Rimouski, Québec.
- Reising, D.C., & Sanderson, P. (2002). Work domain analysis and sensors I: Principles and simple example. *International Journal of Human-Computer Studies*, 56, 569-596.
- Rix, G. (2002). De l'autoconfrontation à la perspective subjective. Les rétroactions vidéo : perspectives d'évolution. *Journal du groupe de recherche sur l'explicitation*, 46, 23-34.
- Robey, D., Ross, J.W., & Boudreau, M.-C. (2002). Learning to Implement Enterprise Systems: An Exploratory Study of the Dialectics of Change. *Journal of Management Information Systems* 19(1), 17-46.
- Rosanvallon, J. (2007). *Le travail de coordination à distance : éclatement des collectifs de travail et transformations du travail collectif* (Thèse de doctorat non publiée). Université de Marne La Vallée, France.
- Rubio, S., Díaz, E., Martín, J. & Puente, M. (2004). Evaluation of Subjective Mental Workload: A Comparison of SWAT, NASATLX, and Workload Profile Methods. *Applied Psychology: an international review*, 53(1), 61-86.
- Samson, S., Reneke, J.A., & Wiecek, M.M. (2009). A Review of Different Perspectives on Uncertainty and Risk and an Alternative Modeling Paradigm. *Reliability Engineering & System Safety*, 94(2), 558-567.
- Samurçay, R. & Hoc, J.-M. (1988). De l'analyse du travail à la spécification d'aide à la décision dans les environnements dynamiques. *Psychologie Française*, 33(3), 187-196.

- Sanderson, P. M. (1989). The human planning and scheduling role in advanced manufacturing systems: An emerging human factor domain. *Human Factors*, 31, 635-666.
- Sanderson, P. M., Scott, J. J. P., Johnston, T., Mainzer, J., Watanabe, L. M. & James, J. M. (1994). MacSHAPA and the enterprise of Exploratory Sequential Data Analysis (ESDA). *International Journal of Human-Computer Studies*, 41, 633-68.
- Sanderson, P.M. & Moray, N. (1990). The human factors of scheduling behavior. *Ergonomics of Hybrid Automated Systems II*, W. Karwowski and M. Rahimi (Eds), 399-406.
- Sanderson, P.M., & Fisher, C. (1994). Exploratory Sequential Data Analysis: Foundations. *Human-Computer Interaction*, 9, 251-317.
- Schmitt, J. F., & Klein, G.A. (1996). Fighting in the fog: Dealing with battlefield uncertainty. *Marine Corps Gazette*, 80(8), 62-69.
- Shi, W. (1995). *An optimal algorithm for area minimization of slicing floorplans*. Proceedings of ACM/IEEE International Conference on Computer-Aided Design (ICCAD), San Jose, CA, 480-484.
- Smith, S., & Becker, M. (1997). An ontology for constructing scheduling systems. *In Proceedings, AAAI-97 Spring Symposium on Ontological Engineering*, 120-129.
- Soleyret, D. (2002). *Développement des nouvelles technologies : quelles conséquences pour le marché des transports de marchandise ?* Synthèse n°41 Les collections de l'INRETS.
- Solomon, M.M. (1987). Algorithms for the vehicle routing and scheduling problem with time window constraints. *Operations Research*, 35, 254-265.
- Spérandio, J-C. (1977). La régulation des modes opératoires en fonction de la charge de travail chez les contrôleurs de trafic aérien. *Le Travail Humain*, 40, 249-256.
- Spérandio, J-C. (2008). L'humain au cœur des systèmes et de leur développement : quelle évolution en 20 ans dans le développement des systèmes ? Ergoia. Biarritz, ESTIA.
- Steeg, J. & Schröder, M. (2007). A hybrid approach to solve the periodic home health care problem. *In Operations Research Proceedings* 297-302.

- Takagi, H. (2001). Interactive evolutionary computation: Fusion of the capabilities of EC optimization and human evaluation. *Proceedings of the IEEE*, 89(9), 1275-1296.
- Taniguchi, H. & H. Shimamoto. (2004). *Intelligent transportation system based dynamic vehicle routing and scheduling with variable travel times*. Department of Urban Management. Kyoto University, Japan.
- Tatineni, V. & Demetsky, M. (2005). *Supply chain models for freight transportation planning*. Research report UVACTS-14-0-85, University of Virginia, USA.
- Theureau J. & Jeffroy F. (1994). *Ergonomie des situations informatisées : la conception centrée sur le cours d'action des utilisateurs*. Toulouse : Octarès éditions.
- Theureau, J. (1979). *L'analyse des activités des infirmiers(ères) des unités de soins hospitalières*, Collection de Physiologie du Travail et d'Ergonomie, n° 64. Paris : CNAM.
- Theureau, J. (1997), Verbalisations provoquées. In *Vocabulaire de l'ergonomie* (277-279). Toulouse : Octarès.
- Thomas, J. C., & Carroll, J. M. (1979). The psychological study of design. *Design Studies*, 1, 5-11.
- Tompkins, J. A. & Hermelink, D. (1994). *The distribution management handbook*. McGraw-Hill.
- Toth, P. & Vigo, D. (2002). The Vehicle Routing Problem. SIAM monographs on discrete mathematics and applications. *Society for Industrial and Applied Mathematics*, 1073.
- Tournant, L., & Azan, W. (2003). *Réussir votre projet ERP*. Saint-Denis La Plaine: AFNOR
- Tsung-Che, C. & Li-Chen, F. (2012). Rule-based scheduling in wafer fabrication with due date-based objectives. *Computers & Operations Research*, 39(11), 2820-2835.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science, New Series*, 185(4157), 1124-1131.
- Van daele, A. & Carpinelli, F. (2001). La planification dans la gestion des environnements dynamiques : quelques apports récents de la psychologie ergonomique. *Psychologie Française*, 46, 2, 143-152.
- Van de Leemput C. & Salengros P. (2007). Le concept d'incertitude : du constat à l'espoir... *Le travail humain*, 70, 201-208.

- Van der schaaaf, T.W. (1993). Developing and using cognitive task typologies. *Ergonomics*, 36, 1439-1444.
- Van Wezel, W., & Cegarra, J. (2006). *A task allocation model for planning*. In Pikaar, R.N., Koningsveld, E.A.P., & Settels, P.J.M. (Eds.), *Proceedings of the 16th World Congress on Ergonomics (International Ergonomics Association'06)* (pp. 1897-1902). Maastricht, The Netherlands: Elsevier.
- Vanderhaegen F. & Petersen J. (2007). *Barriers at work*. Communication présentée au 10th IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design and Evaluation of Human-Machine Systems, Séoul, Corée du Sud.
- Vermersch P. (1994). *L'entretien d'explicitation*. Paris : ESF.
- Vicente, K.J. & Rasmussen, J. (1992). Ecological Interface Design: Theoretical Foundations. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 22(4), 589-606.
- Vicente, K.J. (1999). *Cognitive work analysis: toward safe, productive, and healthy computerbased work*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Vieira, G., Hermann, J. & Lin, E. (2003). Rescheduling Manufacturing Systems: A Framework of Strategies, Policies and Methods. *Journal of Scheduling*, 6 (1), 35-58.
- Visser, W. (2009). La conception : de la résolution de problèmes à la construction de représentations. *Le Travail Humain*, 72(1), 61-78.
- Watson, J.B. (1924). *Behaviorism*. New York : W.W Norton.
- Wiers, V.C.S. (1997). *Human-computer interaction in production scheduling. Analysis and design of decision support systems for production scheduling tasks* (PhD Thesis). University of Eindhoven, The Netherlands.
- Wioland, L. (1997). *Étude des mécanismes de protection et de détection des erreurs : contribution à un modèle de sécurité écologique* (mémoire de Thèse non publié). Université René Descartes, Paris.
- Wisner A., 1996, « Questions épistémologiques en ergonomie et en analyse du travail », pp. 29-55, in F. Daniellou (s/d), *L'Ergonomie en quête de ses principes, débats épistémologiques*, Toulouse : Octarès.



- Wisner, A. (1979). *Analyse de la situation de travail, méthodes et techniques*. Cours B3, Laboratoire d'ergonomie du CNAM, Paris.
- Xiao, Y., Milgram, P., & Doyle, D.J. (1997). Capturing and modelling planning expertise in anesthesiology: Results of a field study. In C. Zsombok & G. Klein (Eds.), *Naturalistic Decision Making* (197-205). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Yenisey, M.M. & Yagmahan, B. (2014). Multi-objective Permutation Flow Shop Scheduling Problem: Literature Review, Classification and Current Trends. *Omega-The International Journal of Management Science*, 45, 119–135
- Yu B., Z.Z., Yang, Z. & Yao, B.Z. (2010). A hybrid algorithm for vehicle routing problem with time windows. *Expert Systems with Applications*, 38, 435–441.
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets, *Information and Control*. 8, 338–353.
- Zhen, L., Sheng, S., Xie, Z. & Wang, K. (2015). A framework and decision rules for emergency medical service scheduling DSS. *Applied Mathematics & Information Sciences*, 9(2),865-871.
- Zsombok, C.E., & Klein, G. (Eds.) (1997). *Naturalistic Decision Making*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.