HAL
open science

Evaluation de la performance des systèmes de conception pour la conduite de l'ingénierie des produits ; prototype logiciel d'aide aux acteurs

Vincent Robin

To cite this version:

Vincent Robin. Evaluation de la performance des systèmes de conception pour la conduite de l'ingénierie des produits ; prototype logiciel d'aide aux acteurs. Sciences de l'ingénieur [physics]. Université Sciences et Technologies - Bordeaux I, 2005. Français. NNT : . tel-00270418

HAL Id: tel-00270418

https://theses.hal.science/tel-00270418v1

Submitted on 4 Apr 2008

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.

N° d'ordre : 3081

THESE

PRESENTEE A

L'UNIVERSITE BORDEAUX 1

ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES PHYSIQUES
ET DE L'INGENIEUR

Par M. Vincent ROBIN

Agrégé de Génie Mécanique

POUR OBTENIR LE GRADE DE

DOCTEUR

SPECIALITE : PRODUCTIQUE

****

Evaluation de la performance des systèmes de conception pour la conduite de l'ingénierie des produits ; prototype logiciel d'aide aux acteurs

****

Soutenue le : 5 décembre 2005

Après avis de MM. **Emmanuel CAILLAUD** Rapporteur
Professeur à l'INSA de Strasbourg
Dominique DENEUX Rapporteur
Professeur à l'Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis

Devant la commission d'examen formée de :

MM. **Bruno VALLESPIR** Président du jury
Professeur à l'Université Bordeaux 1
Emmanuel CAILLAUD Rapporteur
Professeur à l'INSA de Strasbourg
Dominique DENEUX Rapporteur
Professeur à l'Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis
Philippe GIRARD Directeur de thèse
Professeur à l'IUFM d'Aquitaine
Benoît EYNARD Examinateur
Maître de Conférences, HDR à l'Université de Technologie de Troyes
Bertrand BEYRIE Examinateur
Responsable Bureau d'études, Constructions Navales de Bordeaux
Philippe LOUE Invité
Chef Département Compétitivité, Thalès division aéronautique

A Jérôme, mon oncle

Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde reconnaissance à Monsieur Philippe GIRARD, Professeur à l'Institut Universitaire de Formation des Maîtres d'Aquitaine, pour avoir encadré ce travail de thèse avec beaucoup d'attention, d'enthousiasme et de disponibilité. Ses conseils avisés, ses qualités humaines et la confiance qu'il m'a toujours accordée m'ont été d'un grand soutien tout au long de ces trois années passées au sein du Laboratoire d'Automatique, Productique, Signal et Image (LAPS) de l'Université Bordeaux 1.

Je remercie Monsieur Emmanuel CAILLAUD, Professeur à l'Institut National des Sciences Appliquées de Strasbourg et Monsieur Dominique DENEUX, Professeur à l'Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis pour avoir excepté d'être rapporteurs de mon mémoire de thèse. L'attention qu'ils ont portée à mes travaux, leurs conseils et leurs remarques constructives ont assurés un aboutissement des meilleurs pour ces travaux.

Je souhaite exprimer toute ma reconnaissance à Monsieur Bruno VALLESPIR, Professeur à l'Université Bordeaux 1, pour m'avoir fait l'honneur de présider mon jury de thèse.

Que Monsieur Benoît EYNARD, Maîtres de Conférences HDR à l'Université de Technologie de Troyes, trouve ici toute ma reconnaissance pour l'amitié qu'il m'a témoignée en étant examinateur de cette thèse.

Je remercie Monsieur Bertrand BEYRIE, responsable du bureau d'études du groupe CNB et Monsieur Philippe LOUE, chef du département Compétitivité et Amélioration de la Performance au sein de la Division Aéronautique du groupe THALES pour leur participation à mon jury de thèse. Leur présence montre l'intérêt de la collaboration entre le monde industriel et celui de la recherche.

Enfin, je tiens à exprimer toute ma gratitude et ma profonde reconnaissance à Monsieur Julien CHEVREUX, ingénieur informatique chargé du développement de l'application logicielle d'aide aux acteurs décrite dans mes travaux, sans qui ce travail de thèse n'aurait su être ce qu'il est et sans qui le prototype n'aurait pas été aussi abouti, MERCI.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE **15**

CHAPITRE 1 ..... **19**

PROBLEMATIQUE DE L'EVALUATION DE LA PERFORMANCE EN CONCEPTION 19

1 Contexte *19*

2 Du processus de conception au système de conception *20*

2.1 Le processus de conception *21*

2.1.1 Les modèles basés sur les phases 23

2.1.2 Les modèles basés sur les activités 24

2.1.3 Les modèles basés sur les domaines 25

2.1.4 Synthèse 27

2.2 L'activité collaborative de conception *28*

2.2.1 La collaboration entre les acteurs de la conception 29

2.2.2 Les facteurs influant l'activité collaborative de conception 31

2.2.3 Synthèse 31

2.3 Le système de conception *32*

2.3.1 La « Design Co-ordination Theory » 33

2.3.2 Le modèle GRAI R&D 35

2.3.3 Synthèse 39

3 Evaluation des systèmes de conception *40*

4 Conclusion *43*

CHAPITRE 2 ..... **45**

IDENTIFICATION DES VECTEURS DE PERFORMANCE EN CONCEPTION 45

1 Introduction *45*

2 Les vecteurs de performance globaux *49*

2.1 Description du contexte des systèmes de conception *49*

2.1.1 Etude des modèles existants de description du contexte des systèmes de conception 49

2.1.2 Modélisation du contexte des systèmes de conception 52

2.2 Prise en compte de l'acteur dans les systèmes de conception *56*

2.2.1 L'acteur dans les systèmes de conception 56

2.2.2 Les compétences de savoir-être d'un acteur 58

2.3 Le savoir et le savoir-faire dans les systèmes de conception *61*

2.3.1 Comment définir ce qu'est la connaissance ? 61

2.3.2 Les connaissances en conception 63

2.3.3 Les connaissances collaboratives et les connaissances générales 65

2.3.4 Evaluation et capitalisation des savoir et savoir-faire 65

2.4 Synthèse *67*

3 Les vecteurs de performance locaux 68
3.1 Le modèle de produit associé au système de conception 69
3.2 Le modèle de processus associé au système de conception 70
3.3 Le modèle d'organisation associé au système de conception 71
3.4 Synthèse 73
4 Evaluation de la performance des systèmes de conception 74
4.1 Les systèmes de mesure de la performance existants 74
4.2 La méthode ECOGRAI pour l'évaluation des systèmes 75
5 Conclusion 79

CHAPITRE 3 81

METHODE D'EVALUATION DE LA PERFORMANCE DES SYSTEMES DE CONCEPTION 81
1 Introduction 81
2 Définition d'un modèle d'évaluation des systèmes de conception 82
2.1 Modèle d'évaluation de la performance globale de l'entreprise 83
2.1.1 La dimension des environnements 84
2.1.2 La dimension technologique 86
2.1.3 La dimension de l'acteur 86
2.1.4 Synthèse 88
2.2 Modèle d'évaluation des systèmes de conception 90
2.2.1 Influence des environnements et du savoir sur le système de conception 90
2.2.2 Influence du savoir et de l'acteur sur le système de conception 91
2.2.3 Influence de l'acteur et des environnements sur le système de conception 91
2.2.4 Synthèse 91
3 Exploitation du modèle d'évaluation des systèmes de conception 93
3.1 Exploitation du modèle pour les vecteurs de performance globaux 95
3.1.1 Exploitation du modèle d'évaluation dans le cadre de la modélisation de l'entreprise 95
3.1.2 Conception du système cible et suivi de son évolution 99
3.2 Exploitation du modèle pour les vecteurs de performance locaux 103
3.2.1 Exploitation du modèle d'évaluation dans le cadre de la modélisation du système de conception 103
3.2.2 Suivi de l'évolution du système, du processus et des activités de conception 106
4 Conclusion 113

CHAPITRE 4 115

PROTOTYPE D'APPLICATION INFORMATIQUE D'ASSISTANCE AUX ACTEURS 115
1 Introduction 115
2 Spécifications générales pour le développement du prototype 116
2.1 Décomposition et définition du système de conception 116
2.2 Description des acteurs de la conception 117
2.3 Choix technologiques pour la conception de l'application 118

3 Diagrammes des cas d'utilisation 118
3.1 Modélisation du système de conception : vue administrateur 118
3.2 Conduite de la conception 120
3.2.1 Organisation des projets de conception 122
3.2.2 Suivi de l'évolution d'un projet 126
4 Diagrammes de classes associés 128
4.1 Diagramme de classes relatif à l'organisation du projet 128
4.2 Diagramme de classes relatif à la description des ressources 129
4.3 Diagramme de classes relatif au processus de conception 130
5 Présentation des Interfaces Homme Machine 133
5.1 Choix technologiques pour la programmation de l'application 133
5.2 Cadre de l'étude de cas industrielle 133
5.3 Modélisation de la structure de l'entreprise 136
5.4 Pilotage d'un projet et évolution du système de conception 140
5.4.1 Phase de création d'un sous-projet (ou d'un projet) 141
5.4.2 Phase d'organisation d'un sous-projet (ou d'un projet) 142
5.4.3 Phase de lancement (ou de clôture) 144
5.4.4 Phase de suivi d'un projet et d'un sous-projet 145
6 Conclusion 148

CONCLUSION ET PERSPECTIVES 151

BIBLIOGRAPHIE 155

ANNEXES 175

Liste des figures

Figure 1. Modèle de collaboration [Crow, 02] 30
Figure 2. Design Co-ordination Frameworks [Andreasen et al., 94] 35
Figure 3. Le système de conception [Girard, 99] 36
Figure 4. Description locale du système de conception 37
Figure 5. La structure GRAI R&D [Girard et Doumeingts, 04] 38
Figure 6. Séquence d'évaluation de la performance en conception [Micaelli, 03] 41
Figure 7. Modèle du concept de mesure de la performance en conception 43
Figure 8. Positionnement des acteurs et du groupe dans son contexte [Robin et al., 04a] 46
Figure 9. Définition du contexte du système de conception [Longueville et al., 01] 49
Figure 10. Contexte général de l'ingénierie de la conception [Eder, 04] 50
Figure 11. Description des facteurs influents au cours du cycle de vie du produit 51
Figure 12. Cadre de modélisation de GIM 53
Figure 13. Méthode GRAI Ingénierie, modèles et formalismes associés [Merlo, 03] 54
Figure 14. L'approche GEM [Malhéné, 00] 55
Figure 15. Structure d'un réseau d'après [Håkansson et Johanson, 92] 56
Figure 16. Modèle Acteurs - Activités - Ressources d'après [Håkansson et Snehota, 95] 57
Figure 17. Les quatre champs de compétences [Flück, 01] 59
Figure 18. Les domaines de connaissance en conception [Merlo, 03] 64
Figure 19. Les trois dimensions de description de l'entreprise 68
Figure 20. Ontologie des situations de collaboration [Girard et al., 03] 72
Figure 21. Les six phases de la démarche ECOGRAI 78
Figure 22. Les vecteurs de performance du système de conception 79
Figure 23. Mise en évidence des interactions entre les systèmes 83
Figure 24. Modèle d'évaluation de la performance globale de l'entreprise 89
Figure 25. Modèle d'évaluation des systèmes de conception [Robin et al., 05] 92
Figure 26. Méthodologie de modélisation et de suivi de l'entreprise et du système de conception 95
Figure 27. Description d'une entreprise externalisant ses activités 97
Figure 28. Description d'une entreprise internalisant ses activités 97
Figure 29. Exemple de grille GRAI 99
Figure 30. Modèles utilisés pour représenter le système de conception 103

Figure 31. Description d'une entreprise externalisant ses activités de conception 104
Figure 32. Description d'une entreprise internalisant ses activités de conception..... 104
Figure 33. Décomposition des objectifs dans les grilles GRAI..... 106
Figure 34. Pilotage du système par le biais des environnements de conception..... 109
Figure 35. Diagramme de cas d'utilisation pour la modélisation de l'entreprise 119
Figure 36. Diagramme de cas d'utilisation pour la définition de la structure fonctionnelle 119
Figure 37. Diagramme de cas d'utilisation pour la définition de la structure décisionnelle 120
Figure 38. Diagramme de cas d'utilisation pour la conduite de la conception 122
Figure 39. Diagramme de cas d'utilisation pour l'organisation d'un projet..... 122
Figure 40. Diagramme de cas d'utilisation de description de la situation de conception 124
Figure 41. Diagramme de cas d'utilisation pour la définition des cadres de décision 125
Figure 42. Diagramme de cas d'utilisation pour la définition des cadres de conception..... 125
Figure 43. Diagramme de cas d'utilisation pour le suivi d'un projet 126
Figure 44. Diagramme de cas d'utilisation pour l'identification du besoin de collaborer... 127
Figure 45. Diagramme de classes relatif à l'organisation du projet..... 129
Figure 46. Diagramme de classes relatif aux ressources 130
Figure 47. Diagramme de classes relatif au processus de conception..... 131
Figure 48. Diagramme de classes complet de notre application informatique..... 132
Figure 49. Cycle de développement d'un monoproduit 134
Figure 50. Structure GRAI R&D du système de conception de l'entreprise 135
Figure 51. IHM pour la modélisation de la structure fonctionnelle de l'entreprise 136
Figure 52. IHM pour la saisie des informations sur les ressources humaines..... 137
Figure 53. IHM de description des compétences des ressources humaines 138
Figure 54. IHM pour l'identification des échanges entre les services 139
Figure 55. IHM pour la création des activités et l'identification des leurs relations..... 140
Figure 56. IHM pour la création des projets et sous-projets..... 141
Figure 57. IHM de définition / consultation des éléments des cadres 142
Figure 58. IHM pour l'affectation des ressources sur un projet 143
Figure 59. IHM d'édition d'un projet pour consultation, lancement et clôture 144
Figure 60. IHM de consultation d'un cadre et de renvoi de valeur d'IP 145
Figure 61. IHM de consultation de l'évolution des indicateurs d'un cadre..... 146
Figure 62. IHM donnant la pyramide des âges pour l'entreprise 148
Figure 63. Les différentes étapes de re-engineering d'un système..... 178
Figure 64. Les groupes impliqués dans l'application de GIM..... 179

Figure 65. Structure générale de la démarche de GIM *180*
Figure 66. Ordre de Réalisation des Modèles *181*
Figure 67. Modèles utilisés pour représenter le système de conception *189*
Figure 68. Les différentes étapes de la méthode GRAI Ingénierie *190*
Figure 69. Les styles d'apprentissage et compétences associées [Kolb et Fry, 75] *201*
Figure 70. Les compétences sociales [Levenson et Gottman, 78] *210*

Liste des tableaux

Tableau 1. Les différentes phases du processus de conception *23*
Tableau 2. Les activités du processus de conception *25*
Tableau 3. Les domaines de la conception *26*
Tableau 4. Synthèse des travaux sur le pilotage et l'évaluation de la conception *42*
Tableau 5. Description des différents types de compétences de savoir-être *60*
Tableau 6. Savoirs tacites et explicites [Nonaka et Takeuchi, 95] *62*
Tableau 7. Dimensions de la connaissance et de l'objet à évaluer [Dudézert, 03] *63*
Tableau 8. Les différentes approches de capitalisation et outils associés [Merlo, 03] *66*
Tableau 9. Cartographie des connaissances en conception [Merlo, 03] *67*
Tableau 10. Exemples de l'intérêt des différents types de collaboration dans un projet *73*
Tableau 11. Exemples de l'intérêt des différents types de collaboration dans un projet *73*
Tableau 12. Exemple d'éléments de description des environnements interne et externe *85*
Tableau 13. Exemples d'éléments de description de l'acteur *87*
Tableau 14. Exemples d'objectifs relatifs à plusieurs dimensions et actions associées *98*
Tableau 15. Exemple d'objectifs, de leviers d'action et d'IP pour l'entreprise *102*
Tableau 16. Exemples d'objectifs, de leviers d'action et d'indicateurs associés *112*
Tableau 17. Exemples d'informations extraites de la base de données *147*
Tableau 18. Modalités du recueil, de l'analyse et de l'interprétation des informations *202*
Tableau 19. Les cinq facteurs de la personnalité *203*
Tableau 20.Typologie de comportements professionnels *205*
Tableau 21.Typologie de comportements et catégories d'emploi *205*
Tableau 22. Forces de la fonction dominante et faiblesses de la fonction inférieure *207*
Tableau 23. Synthèse des caractéristiques personnelles *208*
Tableau 24. Carte des seize types psychologiques de Myers – Briggs *209*
Tableau 25. Les quatre styles de tempéraments *209*

Liste des annexes

Annexe 1. Présentation de la méthode GIM *177*
Annexe 2. Présentation de la méthode GRAI Ingénierie *189*
Annexe 3. Tableau de synthèse des modèles processus/produit/ressource [Labrousse, 04] . *193*
Annexe 4. Les outils de modélisation du processus de conception [Nowak et al., 04] *195*
Annexe 5. Diagramme de classes UML du modèle FBS-PPRE [Labrousse, 04] *197*
Annexe 6. Méta-modèle du processus de conception, projet IPPOP [Nowak et al., 04] *199*
Annexe 7. Eléments de description du facteur humain *201*

Introduction générale

Aujourd'hui, l'environnement économique, social mais aussi technologique des entreprises est en perpétuelle évolution. Elles sont soumises à des contraintes de plus en plus fortes aussi bien en interne qu'en externe. En interne, les personnels de l'entreprise attendent que celle-ci participe à leur épanouissement personnel tant au niveau financier qu'au niveau intellectuel. Les acteurs de l'entreprise sont de plus en plus soucieux de leur bien être en dehors de l'entreprise mais aussi de leur bien être au travail, ce qui crée de nouvelles contraintes pour l'entreprise en terme de satisfaction de son personnel. En externe, l'entreprise doit rechercher la satisfaction de ses clients mais aussi de ses actionnaires. Elle se doit donc d'être bien positionnée sur un marché de plus en plus ouvert à la concurrence mondiale tout en dégageant des marges suffisantes. La performance de l'entreprise est liée aux aspects technologiques pour être placé sur le marché, aux aspects économiques pour être crédible vis-à-vis des actionnaires et des investisseurs, et aux aspects sociaux pour jouir d'une « bonne image » auprès de son personnel mais aussi de la société civile dans son ensemble. La mutation nécessaire des entreprises est donc profonde et elle doit s'accompagner d'une remise en question parfois totale de leur structure. Le processus d'ingénierie des entreprises est au cœur de leur réflexion puisqu'il est le vecteur de la compétitivité de l'entreprise à partir du moment où il permet une mise sur le marché rapide des produits, en s'accompagnant d'une réduction des coûts et tout en assurant la satisfaction des clients ; c'est un processus de création de valeur. Les entreprises se lancent donc dans de grands projets d'amélioration de leur performance par des démarches de ré-ingéniering de leur processus de conception. La conduite de la conception s'inscrit dans cette logique d'amélioration par le fait qu'elle couvre l'ensemble des projets de conception et adresse tous les aspects de l'environnement socio-technico-économique de l'entreprise. Pour pouvoir conduire un système, il faut en avoir une modélisation adaptée aux finalités recherchées mais il faut aussi et surtout avoir identifié l'ensemble des vecteurs de performance qui ont une influence sur la performance globale du système et être capable de juger de l'évolution d'ensemble suite aux décisions de conduite prises. Le système n'est pas une entité statique et il faut se donner la capacité d'évaluer le système. L'évaluation permet de décrire l'évolution des facteurs de performance de l'entreprise et donc de juger de la nécessité de modifier le système pour améliorer ses performances.

Notre contribution se place dans cette dynamique de recherche d'amélioration des performances des systèmes de conception en proposant un modèle d'évaluation de la performance des systèmes de conception et les méthodes et outils associés afin d'évaluer le système et de suivre son évolution.

Le premier chapitre présente le contexte dans lequel se déroule la phase de conception et nous définissons la problématique de l'évaluation de la performance en conception. Notre approche consiste à étudier les différents modèles de description du système de conception. Nous débutons par une analyse des composants élémentaires du système : le processus de conception et les activités qui s'y déroulent. Nous montrons que ce processus est de plus en plus collaboratif ce qui conduit à décrire en particulier l'activité collaborative de conception. Nous nous attachons ensuite à étudier les modèles existants du système de conception pour identifier leurs limites et les facteurs d'amélioration possibles en vue de la conduite du système. Enfin, nous définissons l'activité d'évaluation du système. Ce chapitre nous amène à conclure sur la nécessité de proposer un modèle d'évaluation de la performance des systèmes de conception.

Le second chapitre identifie l'ensemble des vecteurs de performance en conception. Nous montrons que deux types de vecteurs doivent être considérés. Des vecteurs globaux, représentatifs de la performance globale de l'entreprise, et des vecteurs locaux qui concernent la performance locale du système de conception. Les vecteurs globaux sont décrits selon trois dimensions : une dimension propre au contexte dans lequel se déroule la conception, une dimension relative aux savoir et savoir-faire et une dimension relative aux acteurs. Le contexte se compose de l'environnement externe du système qui regroupe la société civile, les clients, les concurrents, etc. et de l'environnement interne qui représente l'entreprise et ses différents services. L'analyse des interactions entre les environnements montre que dans le cadre de l'activité de conception, ces interactions sont surtout des échanges de connaissances. Ceci nous permet de définir que les vecteurs de performance concernent aussi une dimension relative aux savoir et savoir-faire. Les savoir et savoir-faire sont des vecteurs de performance primordiaux puisqu'ils sont une condition sine qua non au déroulement des processus de l'entreprise. Enfin, comme les échanges de connaissances n'ont lieu qu'à partir du moment où des acteurs agissent sur et à l'intérieur du système, la dimension relative aux acteurs représente un vecteur de performance pour le système de conception. Nous étudierons en particulier comment se traduit l'implication des acteurs dans le système et en quoi un acteur

peut avoir une influence sur celui-ci et réciproquement. Pour ce qui concerne les vecteurs locaux nous montrerons qu'ils sont dépendants des modèles de produit, de processus et d'organisation. Nous présenterons le modèle produit et nous décrirons en quoi il permet la formalisation de la connaissance technologique du produit (fonction, structure, comportement, métiers, …). Puis nous nous attacherons à définir le modèle processus qui assure le suivi, la traçabilité et la capitalisation de la logique de conception en vue de son exploitation. Enfin, nous verrons comment la modélisation des décisions de conduite dans un modèle d'organisation permet d'envisager l'organisation et la coordination de l'ensemble des projets afin de satisfaire aux objectifs externes et internes de l'entreprise.

Le troisième chapitre porte sur la définition d'une méthodologie d'évaluation de la performance des systèmes de conception. Cette méthodologie s'appuie sur un modèle d'évaluation de la performance des systèmes de conception, sur une méthodologie de modélisation et de suivi de l'entreprise et du système de conception et sur une démarche de création et de mise en place d'un système d'indicateurs de performance. Dans un premier temps, nous définissons un modèle d'évaluation des systèmes de conception. Ce modèle est en fait la composition de deux autres modèles. Un modèle permettant d'étudier la performance globale de l'entreprise et un autre pour prendre en compte la performance locale du système de conception. Le modèle relatif à l'entreprise intègre trois dimensions représentatives des vecteurs de performance globaux que nous avons identifiés au second chapitre. Il permet de positionner l'entreprise dans son espace d'évolution et de juger de sa performance globale. Le modèle relatif au système de conception montre comment les vecteurs globaux influencent le système de conception et comment ces influences peuvent être prises en compte par l'intermédiaire d'un modèle intégré « produit – processus – organisation » représentatif de la performance locale du système de conception. Nous nous attachons ensuite à définir une méthodologie de modélisation et de suivi de l'entreprise et du système de conception. Elle s'appuie sur les méthodes GIM et GRAI Ingénierie pour ce qui est de modéliser l'entreprise et le système de conception et sur l'approche GEM et le modèle GRAI R&D pour suivre leur évolution. Nous montrons comment le modèle d'évaluation s'intègre dans cette méthodologie en tant qu'outil d'aide à l'identification et à la définition des objectifs et des variables d'action de l'entreprise et du système de conception. Enfin, pour assurer le suivi de l'évolution de l'ensemble il est nécessaire de mettre en place un système d'indicateurs de performance adapté aux objectifs et aux variables d'action. Nous verrons que ce système d'indicateurs est conçu à l'aide la démarche ECOGRAI.

Le quatrième chapitre présente un prototype d'application informatique que nous avons développé sur la base de nos propositions. Ce chapitre décrit la démarche de conception retenue pour cette application qui va de l'établissement du cahier des charges jusqu'à la création d'Interfaces Homme Machine permettant d'interagir avec une base de données nécessaire au fonctionnement de l'application. Nous définissons ainsi les différents diagrammes de cas d'utilisation et le diagramme de classes qui ont guidé nos orientations lors de la conception des Interfaces Homme Machine. Nous montrons sur la base d'un exemple industriel comment le prototype proposé permet d'aider à la modélisation, à l'évaluation et au suivi des systèmes de conception afin d'en améliorer les performances.

Le dernier chapitre de ce mémoire synthétise notre contribution à la problématique de l'évaluation de la performance des systèmes de conception et ouvre des perspectives pour des extensions à nos travaux. Nous reprenons la chronologie de nos travaux et nous identifions leurs limites actuelles, ce qui nous permet de proposer les perspectives à cette recherche que cela soit en terme d'extension de nos propositions à la conduite d'un réseau d'entreprises et au pilotage des processus de conception dans ce réseau ou en terme de développements futurs dans le cadre d'un projet de type exploratoire.

Chapitre 1

Problématique de l'évaluation de la performance en conception

---

1 Contexte

Le contexte concurrentiel industriel actuel oblige les entreprises à plus de réactivité et d'anticipation face aux évolutions des attentes du client, des contraintes du marché et aux changements technologiques. Ceci impose qu'elles maîtrisent la qualité, le coût, le délai de mise sur le marché de leurs produits mais aussi la flexibilité et la réactivité de leur organisation pour ainsi être performantes. Pour ce faire, les entreprises doivent en particulier porter leur attention sur l'optimisation de leurs méthodes de conception, de leurs technologies et de leurs procédés de fabrication [Tarondeau, 93]. Chaque entreprise doit également s'assurer de la maîtrise de chacune des phases de développement de ses produits et de leur intégration tout en garantissant son efficience globale. Dans ce contexte, la phase de conception [AFNOR 94] revêt une influence particulière sur l'ensemble des phases en aval du cycle de vie du produit [Tichkiewitch *et al.*, 93]. Le système de conception en charge de la phase de conception impacte donc directement la performance globale de l'entreprise. L'amélioration de cette performance passe par une parfaite conduite du système de conception. Les acteurs de la conduite doivent pouvoir considérer l'ensemble des vecteurs d'amélioration potentiels afin de prendre les mesures favorisant la performance globale du système de conception en fonction d'objectifs de conception clairement identifiés [Merlo, 03]. Ceci n'est possible que si ces acteurs ont à leur disposition une modélisation du système de conception en vue de sa conduite, une démarche opérationnelle et des outils associés contribuant à l'évaluation du système pour aider aux bonnes prises de décisions de pilotage.

La première partie de ce chapitre s'attache à comprendre les spécificités des processus de conception dans le cadre des produits manufacturés. Nous présenterons les modèles existants pour décrire les processus de conception et nous analyserons la conception en tant qu'activité collaborative. Ces processus ne peuvent être appréhendés que dans le cadre d'une approche globale de type systémique, nous conclurons cette partie par l'étude de la modélisation du système de conception en considérant la « *Design Co-ordination Theory* » et le modèle GRAI R&D.

La seconde partie du chapitre s'intéresse au pilotage de l'activité de conception dans le sens où pour pouvoir décider, il est nécessaire de connaître l'état du système que l'on souhaite piloter c'est-à-dire être capable de l'évaluer. Nous présenterons les fondements des travaux traitant de l'évaluation en conception. Le modèle du concept de mesure de la performance en conception nous permettra alors de conclure quant à la nécessité de disposer d'un modèle de description et d'un modèle d'évaluation du système de conception en vue de sa conduite et de l'amélioration de ses performances.

2 Du processus de conception au système de conception

La compréhension de la conception est indissociable de l'étude des changements du contexte industriel. Ces changements sont généralement décrits suivant trois périodes [Giard, 03]. La première période s'étend de 1945 à 1975 : les trente glorieuses. Le contexte industriel est caractérisé par une forte pénurie, la croissance est forte, les marchés localisés et la demande est supérieure à l'offre. Le client a un choix restreint car les entreprises ne cherchent pas forcément à innover et misent plutôt sur une offre et une gamme très réduites de produits, produits en grand nombre et dont la durée de vie est élevée [Le Masson et Weil, 05]. La seconde période court de 1975 à la fin des années 80 : l'offre équilibre la demande puis finit par la dépasser. Les marchés s'ouvrent et deviennent de plus en plus concurrentiels. L'entreprise doit garantir la conformité du produit fourni avec le produit attendu par le client et ce dans un délai de plus en plus court. La conception du produit doit répondre à des objectifs de conformité du produit et de satisfaction du client mais aussi à des contraintes temporelles de plus en plus restrictives entre le moment où le client exprime son besoin et le moment où celui-ci est effectivement satisfait. De plus, les entreprises se doivent d'accroître la variété de leurs gammes pour ainsi être présentes et positionnées sur divers marchés. Enfin, la troisième période va du début des années 90 jusqu'à aujourd'hui : l'offre est supérieure à la demande. Les entreprises doivent faire face à un marché relativement saturé, ouvert et très concurrentiel. Adaptation du produit aux besoins ciblés du client et réactivité sont donc les maîtres mots. Pour Kaplan [Kaplan, 98] « *la réactivité est devenue une arme concurrentielle majeure. Savoir répondre rapidement et précisément à la demande d'un client est souvent essentiel pour conquérir et conserver sa clientèle* ». Cette réactivité s'applique à toutes les activités de l'entreprise : en conception pour suivre (ou précéder) le marché, et développer et intégrer les innovations technologiques, en production pour synchroniser les commandes et optimiser les délais de réalisation [Di Mascolo 00], [Sadfi, 02]. Pour ce faire, en terme de conception, les entreprises ont à répondre à un problème relativement simple dans son énoncé

mais complexe dans sa résolution : concevoir un produit avec les fonctionnalités désirées, le plus rapidement possible, avec un coût et une qualité acceptables pour le client, tout en assurant leur pérennité. Ceci n'est possible qu'en « *pilotant les dépendances entre les activités, analysant l'action du groupe en terme de recherche de la performance des activités interdépendantes pour atteindre les objectifs en utilisant ou créant des ressources et en analysant l'organisation à mettre en place pour faciliter la réutilisation des processus efficients* » [Crowston, 97]. Ceci se traduit par une organisation non plus basée sur des *processus séquentiels* mais basée sur un *processus de conception intégré* et une *ingénierie simultanée* [Prudhomme, 99] pour embrasser, lors de la conception, toute la problématique du cycle de vie du produit [Lonchampt, 04] et ce dans un contexte *d'entreprise étendue* [Browne, 95]. Les différents aspects traités successivement dans les organisations séquentielles doivent désormais être pris en compte simultanément et conjointement, les acteurs auront alors à travailler en parallèle et à collaborer de plus en plus [Parsaei et Sullivan, 93]. La collaboration entre les acteurs est d'autant plus nécessaire que la complexification croissante des processus de conception oblige à intégrer de plus en plus d'expertises souvent dispersées du fait de l'organisation des entreprises [Midler, 97], [Poveda, 01], [Munoz, 02]. Le processus de conception est donc une oeuvre *collective* et son achèvement nécessite la *coopération* de plusieurs acteurs, ainsi que la *coordination* du travail de ces acteurs [Lonchampt, 04]. Une approche globale qui tiendrait compte aussi bien des acteurs de la conception, de l'organisation mise en place pour coordonner leur travail et du contexte dans lequel le processus de conception se déroule est nécessaire pour maîtriser la conception. Ceci nous conduit à considérer non seulement les processus de conception mais également le système dans lequel ils se déroulent.

2.1 Le processus de conception

La définition la plus couramment admise concernant le concept de processus est la suivante : « *Le processus est un ensemble d'activités inter-reliées utilisant des ressources afin de transformer des éléments entrants en des éléments sortants* » [ISO 9000/version 2000]. Pour le processus de conception (même si il existe de nombreuses définitions [Deneux, 02]) il peut être considéré comme un ensemble d'activités mises en œuvre (de façon séquentielle et/ou parallèle) utilisant des ressources humaines et matérielles pour satisfaire les objectifs de conception et aboutir à la définition de produits. Ce processus consiste en une transformation d'une situation initiale d'insatisfaction (au sens du demandeur) à une situation dans laquelle cette insatisfaction est résolue par la définition du produit. Cette transformation est le résultat

de l'écoulement d'un flux de nature informationnelle au travers d'une succession d'activités qui le transforment et permettent de décrire le processus. Le Moigne [Le Moigne, 90] caractérise les modifications du flux comme suit : « *modification au cours du temps (T) de la position du produit dans un référentiel "Espace-Forme" (E-F) et pouvant être identifiée à une somme de processements d'un flux de produit dans l'espace (transport), dans le temps (stockage) et dans la forme (transformation)* ». Ces modifications sont principalement le fruit d'une activité humaine qui relève des sciences de l'artificiel [Simon 84] et le processus de conception peut donc être considéré comme une activité de résolution de problèmes [Simon, 73] ou d'émergence de solutions [Tichkiewitch, 94]. Les principes de résolution utilisés s'appuient sur des activités cognitives de types déduction, induction et abduction [Takeda, 90]. En conception de produits, le problème est par nature *mal défini* [Schön, 83] [Visser, 02], *ouvert* [Fustier, 89] et *complexe* [Beguin, 97] [Ishii, 90]. Différents travaux ont mis en évidence que la description du processus devait se faire au niveau de son positionnement dans le cycle de conception [Pahl et Beitz, 96], de son type (innovant ou adaptif), de son degré de structuration [Lurey et Raisinghani, 01], des outils qui seront utilisés [Ullman, 92] et de l'évaluation de son avancement. Les caractéristiques d'ouverture et de « mauvaise définition » d'un problème de conception doivent aussi être prises en compte pour ainsi représenter le processus de conception selon les dimensions temporelle et problème/solution [Maher *et al.*, 96, 03]. Même si la conception est difficile à modéliser de part sa dimension cognitive [Gero, 98], plusieurs modèles de processus de conception ont été proposés [Love, 00]. Dixon [Dixon, 87] ou Evbuomwan *et al.* [Evbuomwan *et al.*, 96] classent ces modèles en trois catégories :

- les modèles prescriptifs qui décrivent la conception comme une procédure plus ou moins complexe suivie par les acteurs,
- les modèles descriptifs qui rendent compte des activités des acteurs à un niveau individuel ou interindividuel,
- les modèles « computationnels » qui automatisent et informatisent la conception.

Les modèles prescriptifs adoptent une vision centrée sur le processus dans son ensemble, sur les transformations et les flux d'informations. Les modèles descriptifs s'attachent à décrire la conception comme une activité humaine et s'intéressent au processus d'analyse, d'abstraction et de création des acteurs. Enfin, les modèles « computationnels » instrumentent les deux modèles précédents. Perrin [Perrin, 01] et Lonchampt [Lonchampt, 04] complètent la classification précédente en établissant un bilan plus détaillé des différentes évolutions concernant la modélisation du processus de conception. Ainsi Perrin considère cinq orientations majeures pour le processus de conception :

- une succession hiérarchique de phases [Pahl et Beitz, 84, 96], [AFNOR X50-127],
- un processus d'itération de cycles élémentaires [Blessing, 94], [Roosenburg et Eckels, 95],
- un processus de production mobilisant des ressources [CADC, 95], [Forest, 97],
- un processus de construction de compromis entre des fonctions et des métiers [Darses, 92],
- un processus d'apprentissage mobilisant et créant des ressources spécifiques [Perrin, 99].

Lonchampt [Lonchampt, 04] décrit les modèles de conception en fonction de trois approches :

- l'approche basée sur la notion de phases,
- l'approche basée sur la notion d'activités,
- l'approche basée sur la notion de domaines.

2.1.1 Les modèles basés sur les phases

La littérature concernant les modèles décomposant le processus de conception en phases est relativement riche. Outre le modèle de Palh et Beitz nous pouvons citer aussi, par ordre chronologique, les travaux de Pugh [Pugh, 90], de Yannou [Yannou, 98], d'Ulrich et Eppinger [Ulrich et Eppinger, 00] ou d'Ullman [Ullman, 02] (Tableau 1).

Tableau 1. Les différentes phases du processus de conception

Phases selon Pahl et Beitz [Pahl et Beitz, 84, 96]	***Phases selon Pugh [Pugh, 90]***
• Clarification de la tâche (*Clarification of the task*). • Conception conceptuelle (*Conceptual design*). • Conception « particulière » (*Embodiment design*) • Conception détaillée (*Detail design*).	• Marché (*Market*). • Spécifications (*Specifications*). • Conception du concept (*Concept design*). • Conception détaillée (*Detail design*). • Fabrication (*Manufacture*). • Vente (*Sell*).
Phases selon Ulrich et Eppinger [Ulrich et Eppinger, 00]	***Phases selon Yannou [Yannou, 02]***
• Planifier (*Planning*). • Développement du concept (*Concept development*). • Conception du niveau du système (*System-level design*). • Conception détaillée (*Detail design*). • Test et affinement (*Test and refinement*). • Fabrication (*Production ramp-up*).	• Orientation de l'action. • Recherche de l'information. • Analyse des fonctions et des coûts. • Recherche des idées et des voies de solutions. • Etude et évaluation des solutions. • Bilan prévisionnel et proposition de choix. • Suivi de la réalisation.
Phases selon Ullman [Ullman, 03]	
• Définition et planification du projet (*Project definition and planning*). • Définition des spécifications (*Specifications definition*). • Conception conceptuelle (*Conceptual design*). • Développement du produit (*Product development*). • Vie du produit (*Product support*).	

Ces modèles sont très proches les uns des autres que cela soit au niveau de la dénomination de chaque phase ou de l'importance accordée à chacune d'elle. Ces modèles mettent en évidence le fait que pour décrire le processus de conception il faut s'attacher à :

- planifier l'évolution du produit en ayant une vision globale allant d'un niveau global à un niveau très détaillé,
- analyser et décomposer le problème de conception pour ainsi en faciliter la résolution.

Dans le cadre de processus de conception au cours desquels les activités sont de plus en plus simultanées et collaboratives, ces modèles sont insuffisants et mal adaptés car ils proposent une approche analytique et cartésienne basée sur une description des objets. Ainsi, ils ne permettent pas la compréhension des interactions entre les activités qui ont lieu au sein des phases alors que celles-ci sont primordiales pour l'intelligibilité du processus en vue de son pilotage.

2.1.2 Les modèles basés sur les activités

Alors que la notion de phase décrit les étapes du processus de conception clairement jalonnées temporellement et définies par une planification hiérarchique a priori, la notion d'activité rend compte de l'accomplissement des tâches des acteurs du processus. Dans le but de décrire la structure réelle du processus de conception pour en tirer un modèle, de nombreux travaux décrivent les activités menées par les acteurs de la conception. Nous pouvons citer les travaux de Purcell [Purcell, 94], de Girod [Girod, 00], d'Ahmed et Hansen [Ahmed et Hansen, 02] ou de Micaelli [Micaelli, 02]. Ces travaux présentent différentes classifications possibles des activités menées par les acteurs de la conception. Ils modélisent le processus de conception comme le déroulement successif d'un ensemble d'activités et décrivent ainsi la dynamique du processus de conception. Les activités sont classées dans des catégories génériques nécessairement menées par les acteurs de la conception. Elles fournissent un modèle des constituants élémentaires du processus de conception (Tableau 2).

Tableau 2. Les activités du processus de conception

Activités selon Purcell [Purcell, 94]	***Activités selon Girod [Girod, 00]***
• Analyser le problème (*Analysing Problem*) : – Analyser le problème, – S'informer sur le problème, – Evaluer le problème, – Reporter le problème. • Proposer une solution (*Proposing Solution*). – Proposer une solution, – Clarifier la solution, – Revenir sur une ancienne solution, – Prendre une décision de conception, – Consulter des informations externes, – Reporter l'action de conception, – Se projeter vers l'avenir, – Regarder vers le passé. • Analyser la solution (*Analysing Solution*). – Analyser la solution proposée, – Justifier la solution proposée, – Calculer la solution proposée, – Reporter l'analyse de la solution proposée, – Evaluer la solution proposée. • Expliciter les stratégies (*Explicit Stratégies*). – Se rapporter aux connaissances existantes, – Se rapporter aux domaines de compétences, – Se rapporter à la stratégie de conception.	• Discuter de l'approche du processus. • Identifier les critères. • Définir les critères. • Pondérer les critères. • Clarifier des principes de fonctionnement. • Clarifier l'environnement du produit. • Délibérer de sous-problèmes. • Obtenir des informations extérieures. • Avancer une preuve, une justification. • Déterminer ou évaluer des performances. • Traduire l'intuition en classement. • Contrôler le processus.
Activités selon Amhed [Amhed, 02]	***Actes de conception selon Micaelli [Micaelli, 02]***
• Spécifier (*Specifying*). • Evaluer (*Evaluating*). • Valider (*Validating*). • Diriger, orienter (*Navigating*). • Unifier (*Unifying*). • Décider (*Deciding*).	• Action ***PRODUCTION*** : – Type *Information* – Type *Solution* – Type *Evaluation* – Type *Organisation* – Type *(Dés-) Accord* – Type *Décision* • Sujet ***PROJET*** : – Sous sujet ***Ressources*** – Sous sujet ***Décisions*** – Sous sujet ***Environnement*** • Action ***DEMANDE*** : – Type *Information* – Type *Solution* – Type *Evaluation* – Type *organisation* – Type *Accord* – Type *Décision* • Sujet ***PRODUIT*** : – Sous sujet *Structurel* – Sous sujet *Fonctionnel* – Sous sujet *Fabrication*

Ces activités sont représentatives de l'intention des concepteurs et de l'interprétation que ceux-ci font de leurs tâches et non d'une planification hiérarchique adoptée a priori pour la réalisation du processus de conception. On obtient une description basée sur une décomposition temporelle du déroulement des activités et organisée en unités d'action (un acteur ou groupe d'acteurs pour un objectif). Comme pour les modèles basés sur les phases, les modèles basés sur les activités utilisent des principes de décomposition du global au détaillé pour comprendre (ou plutôt représenter) les processus de conception. On cherche à décrire le résultat plutôt que la construction de celui-ci. Par contre, ces modèles supposent l'indépendance des activités ce qui est mal adapté aux processus collaboratifs et concourants.

2.1.3 Les modèles basés sur les domaines

Par opposition aux modèles basés sur une modélisation hiérarchique et structurelle et utilisant le principe de décomposition, il est ici proposé une description du processus de conception

comme un ensemble de domaines. En ce qui concerne les modèles basés sur les domaines nous pouvons citer (Tableau 3) :

- les travaux d'Andreasen ou Hubka et Eder [Hubka et Eder, 88, 92] [Andreasen, 91]
- l'axiomatic design [Suh, 90, 01],
- l'approche FBS (Function Behavior Structure), [UME90],[Gero, 90, 02, 04],
- l'approche socio-technique [Mer, 98],
- le DRL (Design Rationale Language) [Hu *et al.*, 00],
- les travaux de Yannou [Yannou, 02].

Tableau 3. Les domaines de la conception

Les 4 domaines selon Suh [Suh, 90, 01]	***L'approche FBS [UME, 90][Gero, 90, 02, 04]***
• Le domaine « Client » (*Customer domain*). • Le domaine « Fonctionnel » (*Functional domain*). • Le domaine « Physique » (*Physical domain*) • Le domaine « Processus » (*Process domain*).	• F : Domaine « Fonctionnel » (*Function*). • S : Domaine « Structurel » (*Structure*). • Be : Domaine « Comportemental Attendu » (*Expected behaviour*). • Bs : Domaine « Comportemental Dérivé de la Structure » (*Behaviour derived from structure*).
Les 4 domaines selon Andreasen [Andeasen, 91]	***Les 6 objets du modèle DRL [Hu, 00]***
• Le domaine « Physique » (*Physical domain*) • Le domaine « Processus » (*Process domain*). • Le domaine « Fonction » (*Function domain*). • Le domaine « Construction » (*Constructionnal domain*).	• Le problème. • Les buts poursuivis. • Les alternatives proposées. • Les questions. • Les revendications. • Les procédures.
Les 4 domaines selon Yannou [Yannou, 02]	
• L'espace « des besoins des partenaires » (*Stakeholders Needs space*). • L'espace « Perceptuel » (*Perceptual space*). • L'espace « Fonctionnel » (*Functional space*). • L'espace « Physique » (*Physical space*).	

Dans les modèles basés sur les domaines, le processus de conception décrit l'évolution du produit en fonction du temps et des domaines (ou espaces) dans lesquels cette évolution a lieu. Ils fournissent une description de processus en fonction de « l'état » du produit à un instant donné. Nous avons ici une vision dynamique du processus de conception puisque nous sommes capables de décrire les domaines impactés par le processus à chaque instant. Chaque domaine va donner lieu à la réalisation d'activités particulières et une activité pourra impacter plusieurs domaines. Chaque projet aura sa propre dynamique et sa propre évolution qui seront représentées par des activités et des échanges particuliers entre les domaines. Mais, de part le degré d'abstraction relativement élevé de ces modèles, les éléments de description des activités sont souvent peu ou pas décrits. Ces modèles ne sont donc que peu utilisables dès

lors que l'on souhaite décrire et analyser de façon précise le processus au travers des activités qui le composent, en vue de son pilotage.

2.1.4 Synthèse

L'étude des modèles de processus montre que, selon le type de conception, les objets de modélisation de la conception sont différents. Quand les étapes de résolution sont connues, le projet est structuré selon les différentes activités qui transforment la connaissance sur le produit. Les modèles basés sur les phases et les modèles basés sur les activités décrivent très bien ce cas de figure et ont conduit à la publication de nombreux guides pour aider à la mise en place de méthodologies de conception. Mais les études empiriques ont montré que les concepteurs suivent rarement ces méthodologies. De nombreuses critiques sont alors apparues, en particulier sur le fait qu'une méthodologie de conception, quelle qu'elle soit, prescrivait trop le processus et ne permettait pas que les activités se déroulent dans des conditions optimales [Günther et Ehrlenspiel, 99]. Ceci peut s'expliquer par le fait que la prescription du processus de conception néglige souvent des facteurs spécifiques et des contraintes auxquelles sont confrontés les concepteurs dans leur travail quotidien (contraintes économiques, pression des délais, difficultés de travailler en équipe) [Ehrlenspiel, 99]. La conception est considérée alors comme un processus créateur ou innovant, les activités ne structurent pas forcément le projet et ne sont connues qu'à posteriori. La conception est ainsi identifiée comme un processus permettant l'émergence des solutions [Tichkiewitch, 94]. Le chef de projet a pour tâche de créer des situations de conception facilitant l'apparition des solutions. Il cherche à adapter l'organisation pour favoriser le travail des acteurs. Ce travail étant de plus en plus collaboratif l'objectif est de faciliter le partage d'informations et de connaissances. Le projet doit alors être organisé pour favoriser la collaboration entre les acteurs du processus. Cette problématique a d'abord été traitée en proposant *l'intégration des connaissances* [Aoussat et Le Coq, 98]. Il s'agit de formaliser les connaissances propres aux métiers associés aux phases, afin que les acteurs de la conception soient à même d'intégrer ces connaissances dans l'exécution de leur tâche, et donc de tenir compte de contraintes issues d'autres phases, en particulier les phases avales. Cette approche trouvant ses limites, du fait de la difficulté à formaliser les connaissances puis à les décontextualiser pour que les acteurs puissent se les approprier, les travaux de recherche ont évolué vers l'étude de modèles et méthodes permettant *l'intégration des acteurs* de la conception [Tichkiewitch *et al.*, 95]. Partant du constat que les différents acteurs sont amenés à coopérer au sein d'une équipe de conception, il faut que le déroulement des différentes phases de la conception soit coordonné.

Cette coordination peut être le fait d'un contrôle extérieur au déroulement des phases, comme d'un contrôle interne mené par les acteurs eux-mêmes. Dans un cas comme dans l'autre, cette coordination doit elle-même naître des activités de coopération et de collaboration entre les acteurs impliqués, dont les modalités sont *émergentes, non figées, non prédéfinies* [Jeantet, 98]. Ces activités de coopération et de collaboration sont au cœur des processus de conception et participent à leur construction. Elles sont dépendantes des acteurs, de l'organisation qui est mise en place, du contexte d'évolution des acteurs, du produit… Elles doivent être vues comme des activités collaboratives et pas simplement comme des activités de production d'un résultat même si celui-ci est informationnel. Dans la section suivante, nous nous attacherons à décrire l'activité collaborative de conception et nous définirons les éléments qui la caractérisent ainsi que leurs interactions afin de la comprendre.

2.2 L'activité collaborative de conception

L'activité de collaboration durant le processus de conception peut être définie comme « *une activité au cours de laquelle la tâche qui lui est assignée va être réalisée par une équipe ; tâche qui ne sera menée à bien seulement que par le fait d'un regroupement de ressources* » [Lang *et al.*, 02]. Dans un tel contexte, les concepteurs travaillent conjointement sur un projet de conception en partageant un but commun identique et l'atteinte de celui-ci passe par la contribution de chacun selon ses compétences spécifiques. Ceci correspond à ce que Darses *et al.* qualifient de « co-conception » ; c'est une situation de conception collective de coopération forte [Darses *et al.,* 96]. Ainsi, l'organisation du processus de conception se fait sur la base d'activités collaboratives regroupant des équipes transfonctionnelles et transmétiers, ce qui implique une dimension collective et humaine très forte [Garon, 99]. La conception de produit est vue à la croisée de deux principaux processus [Legardeur *et al.*, 03] :

- un processus technique dédié au développement du produit, actionné par les différents acteurs disposant de ressources techniques, économiques, organisationnelles et des contraintes associées afin de mener à bien le projet. Ce processus apparaît alors comme un processus de résolution de problèmes multi dimensions, multi compétences sous contraintes intra et inter expertises,
- un processus organisationnel concernant la gestion de projet.

Ces éléments permettent de prendre en compte la dimension collective du travail. Campagne *et al.* [Campagne *et al.*, 01] insistent sur cette dimension et sur le fait que, quelle que soit la nature du processus étudié, les logiques d'interactions collectives répondent avant tout à un

besoin de partage divers (partage d'objectifs et d'intérêts communs, partage de compétences et de points de vue, partage de ressources…). On retrouve ce souci de prendre en compte les différents éléments partagés chez Lang *et al.* [Lang *et al.*, 02] qui indiquent que pour encourager la collaboration lors de la création du groupe de travail, le chef de projet doit prendre en considération les aspects suivants :

- l'engagement et la propriété intellectuelle de chacun,
- le partage d'espaces de conception,
- les stimulants organisationnels (esprit d'équipe, degrés de coopération, réputation),
- le rôle et les responsabilités de chaque membre.

C'est la combinaison de ces éléments qui, en terme de gestion du groupe de travail, favorisera la collaboration dans le groupe au cours du processus de conception. L'objectif est ici d'améliorer la coordination entre des acteurs ayant des rôles différents pour gagner en pertinence et en cohérence au niveau des solutions élaborées, des décisions prises, ainsi que sur la façon de les mettre en œuvre en intégrant par exemple la notion de prise de risque afin de préciser comment et pourquoi ces décisions sont prises [Gidel *et al.,* 00]. La création et le développement de nouveaux savoirs intra et inter métiers permettent aussi à chacun d'apporter au collectif des solutions au problème de conception de façon innovante, pertinente et cohérente. L'objectif du pilotage sera donc de stimuler les acteurs de telle sorte que la collaboration s'opère effectivement et que les objectifs de la conception soient atteints. Pour ce faire, il est nécessaire de bien appréhender ce que représente la collaboration entre des acteurs de la conception et les facteurs qui influencent l'activité collaborative.

2.2.1 La collaboration entre les acteurs de la conception

Rose [Rose, 04] met l'accent sur le fait que le terme de « collaboration », et plus particulièrement « d'activité collaborative », est souvent employé à mauvais escient et sert indifféremment à décrire des situations de communication simple, de coordination ou de coopération [Belkadi *et al.*, 03]. Il n'existe pas de définition et de consensus unique autour de ces concepts, et bon nombre d'auteurs ne font pas la distinction entre ceux-ci et considèrent que la réalisation des actions de manière commune peut être regroupée sous le terme « coopération » au sens général [Sardas *et al.*, 02]. La coopération peut être considérée comme « *une activité coordonnée visant à atteindre un objectif commun aux agents coopérants et pour laquelle le coût spécifique de la coordination est inférieur au bénéfice de celle-ci dans la poursuite de l'objectif* » [Soubie *et al.*, 94]. La collaboration est « *l'action de travailler avec d'autres, à une œuvre commune* ». Elle implique la création d'une vision

commune des problèmes à résoudre ainsi qu'un espace commun pour stocker et partager les informations. Elle s'appuie sur un engagement mutuel des participants dans un effort coordonné pour résoudre ensemble les problèmes posés [Dillenbourg *et al.,* 96]. Elle est basée sur une relation durable et persuasive, qui implique un certain risque dans la relation [Matessich *et al.*, 95], et requiert un sens du travail en commun poussé dans le but d'atteindre un résultat créatif [Kvan, 00]. La collaboration est une forme d'interaction beaucoup plus forte que la coopération, nécessitant un esprit de groupe et une adhésion aux objectifs et aux résultats beaucoup plus importants [Kvan, 00]. Partant du fait que la collaboration nécessite un travail d'équipe effectif, une confiance mutuelle [Granovetter *et al*., 85], un respect et une ouverture d'esprit des uns envers les autres, Crow [Crow, 02] propose un modèle pour spécifier et situer la collaboration (Figure 1.).

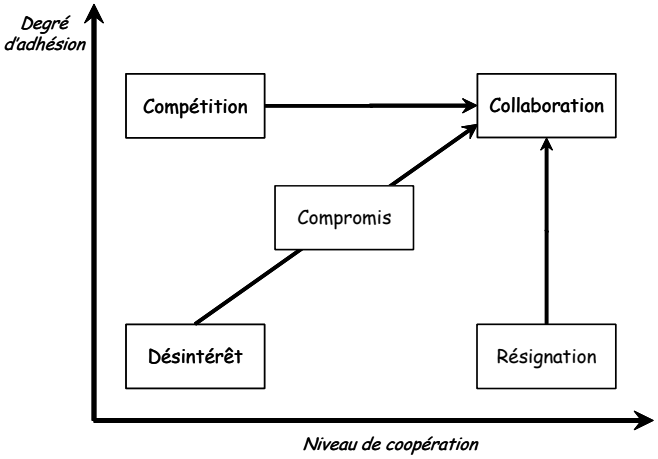


Figure 1. Modèle de collaboration [Crow, 02]

Ce modèle montre bien que la collaboration est un acte fort de la part de l'acteur dans le sens où elle réclame un engagement total de sa part. Tout comme la coopération, la collaboration correspond à une démarche humaine dynamique qui s'organise autour d'objets intermédiaires (schémas, plans, dessins, prototypes), d'objets virtuels (maquette numérique) ou notions partagées par tous les acteurs de l'activité de conception [Garon, 99]. Dans le cas de processus de collaboration, le pilotage visera à synchroniser et à coordonner les activités de manière à construire et à maintenir une conception partagée d'un problème [Roschelle *et al.,* 95]. Ainsi, le chef de projet aura à aborder chaque situation différemment et pour ce faire, il doit connaître les facteurs qui influencent l'activité collaborative pour agir dessus.

2.2.2 Les facteurs influant l'activité collaborative de conception

Lewin [Lewin, 75] a mis en évidence les principes de la dynamique d'un groupe et de son incidence sur la formation collective de la décision et sur les processus de changement. Pour Lewin, les conduites individuelles sont fonction du contexte dans lequel elles se produisent. Les interactions d'un individu dans un contexte forment une structure d'éléments indépendants qui constituent un champ de forces ou champ psychologique. Un tel champ résulte d'un équilibre entre de multiples forces. La rupture de cet équilibre provoque une tension chez l'individu. Pour la réduire, il s'efforcera de s'adapter en développant des interactions jusqu'à l'établissement d'un nouvel état d'équilibre. Deux sortes de facteurs entrent dans la composition de ce champ : des ***facteurs internes*** (capacité de l'individu à se projeter dans le futur, représentations, perceptions du milieu extérieur…) et des ***facteurs externes*** (rôles, canaux de communication, styles de commandement, normes, valeurs du groupe auxquels est confronté l'individu). Ainsi, lorsque que l'on cherche à décrire une activité collaborative, il est important de tenir compte des points de vue de chaque acteur et du contexte au sein duquel va se dérouler la collaboration [Darses, 97] et [Tehari, 99]. Aujourd'hui ce contexte tend à se complexifier et est donc de plus en plus difficile à appréhender. Parce qu'elles veulent réduire les coûts de conception, mais aussi parce qu'elles ne possèdent pas forcement toutes les expertises nécessaires, les entreprises cherchent de plus en plus à créer des partenariats lors des phases de développement de leurs produits. Ainsi, les groupes d'acteurs pourront être internes à l'entreprise ou au contraire répartis à l'échelle d'une région, d'une nation, voire au-delà (consortium AIRBUS). Vont alors se poser des problèmes de communication et de gestion du groupe [Austin *et al.*, 01] : langage, choix de la technique de communication, fréquence des communication, décalage horaire, problèmes liés à la différence de culture, etc. Quoiqu'il en soit, que l'équipe soit composée de membres d'une même entreprise ou de plusieurs, regroupés sur un même site ou non, la gestion de la distribution des ressources humaines est un enjeu important. La difficulté du pilotage de l'activité de l'équipe distribuée résidera donc essentiellement dans les contraintes de gestion des ressources humaines et matérielles (problèmes de communication et interopérabilité des systèmes) et de logistique d'information (problèmes de caractérisation, de collecte, de gestion et de transmission de l'information) [Boujut *et al.*, 00], [Ostergaard et Summers, 03].

2.2.3 Synthèse

L'activité collaborative de conception est une activité complexe et exigera de la part des acteurs un engagement particulier spécifique à l'action de collaborer. Elle est d'autant plus

complexe que, comme le montrent les travaux de Boujut *et al.* [Boujut *et al.*, 00] et d'Ostergaard et Summers [Ostergaard et Summers, 03], les facteurs qui influencent l'activité de conception sont multiples, variés et affectent plusieurs domaines différents puisqu'ils concernent :

- des critères liés au contexte global de la conception (distribution géographique des ressources, outils de communication,…),
- des critères organisationnels (proximité organisationnelle, intégration des outils métiers, partage des informations,…),
- des critères liés au processus de conception (nature du problème, approche de la conception,…),
- des critères liés aux acteurs (optimisation de la composition du groupe de travail, la communication,…).

L'activité collaborative nécessite donc de considérer à la fois une vision produit pour pouvoir juger de l'évolution de celui-ci, une vision processus pour juger de quelle façon le produit a évolué, une vision organisationnelle pour juger de l'efficience du processus mis en place et une vision centrée sur les acteurs pour juger de la cohérence des choix fait dans l'organisation par rapport aux objectifs, aux contraintes et au contexte de la conception. La prise en compte de l'ensemble de ces visions permet de décrire l'activité, d'avoir une vision globale du processus et donc en fait d'obtenir une description du système de conception. Les interactions entre le produit, le processus, l'organisation et les acteurs de la conception créent la dynamique d'évolution du système. Ainsi, au-delà du processus de conception et de l'activité collaborative de conception c'est le système de conception dans son ensemble qu'il va falloir étudier. Le paragraphe suivant présente différents travaux de recherche sur la modélisation du système de conception.

2.3 Le système de conception

Nous avons vu que les activités de conception se construisent au regard de la connaissance des concepteurs sur le produit (l'artefact). Mais une planification des activités de conception doit être définie pour orienter et coordonner le travail des concepteurs. Cette planification a pour objectifs de répondre aux :

- attentes des clients en terme d'exigences techniques, de coût, de qualité et de délais,

- objectifs de l'entreprise au niveau de l'allocation des ressources, de l'utilisation des savoir-faire, des orientations techniques à promouvoir, de la position sur le marché, etc.

La planification des activités de conception ne consiste pas seulement en un ordonnancement d'activités d'exécution. Au cours du processus de conception, les acteurs de la conception prennent des décisions techniques (choix d'un matériaux, dimensionnement d'une pièce, choix d'un procédé d'obtention, etc.) et ont souvent à choisir entre plusieurs alternatives pour résoudre un problème. Les décisions portent également sur l'allocation des ressources humaines et matérielles. En effet, le bureau d'études d'une entreprise n'a pas seulement à coordonner un seul processus pour un projet unique mais plusieurs processus pour plusieurs projets simultanément. Ainsi, le système décisionnel doit être défini pour coordonner et piloter les activités et les processus de conception. La prise en compte des activités et des processus de conception et du système décisionnel apporte une vision d'ensemble du système de conception. Cette vision est nécessaire en vue de la coordination et du pilotage de tous les processus mis en œuvre simultanément lors des projets de conception. Il nous faut aller au delà de la simple modélisation des activités et des processus de conception pour conduire la conception et étudier le système de conception dans son ensemble. Nous nous attacherons donc dans ce paragraphe à décrire les modèles existants du système de conception en vue de sa conduite. Dans un premier temps nous examinerons les propositions du groupe de travail ESPRIT CIMDEV et nous montrerons leurs limites. Puis nous nous focaliserons sur le modèle GRAI R&D qui permet l'étude et la conduite du système de conception.

2.3.1 La « Design Co-ordination Theory »

La « Design Co-ordination Theory » est issue des travaux du groupe de travail ESPRIT CIMDEV et du programme ESPRIT IiMB (Integration in Manufacturing and Beyond) [Andreasen *et al.*, 96] [Duffy *et al.*, 97]. Les travaux menés en vue de l'amélioration de la conception de produits tendent à prouver que la coordination de la conception est un moyen d'optimisation global du processus de conception. Cette approche adopte plusieurs points de vue pour structurer la conception et atteindre une performance optimale. Pour assurer la coordination quatre activités principales [Andreasen *et al.*, 96] et quatre facteurs nécessaires [Girard *et al.*, 99] sont identifiés :

- la prise de décision qui porte sur les tâches à réaliser,
- le contrôle sur les ressources,
- la modélisation sur les points de vue métier,

- la planification temporelle.

Sur la base de ces activités et de ces facteurs, onze modèles inter-dépendants [Andreasen et al., 94], [Duffy *et al.*, 99] ont été décrits (Figure 2) :

- le modèle du « cycle de développement de produit » (*Product Development*),
- le modèle de « décomposition » qui est un modèle de produit multipoint de vues (*Decomposition*),
- le modèle des « disciplines et technologies » associé au produit à développer. Il participe à la structuration des activités de conception (*Disciplines/Technologies*),
- le modèle du « cycle de vie du produit » qui permet d'étudier de façon prédictive les besoins associés à chaque phase du cycle de vie et les interactions produit-environnement (*Product Life*),
- le modèle des « matrices de synthèse » décrivant les activités à mener pour assurer la conception et la production d'un sous-ensemble du produit (*Synthesis Matrix*),
- le modèle des « phases du cycle de vie du système » venant compléter les matrices de synthèse en vue d'optimiser leur séquencement (*Life Phases System*),
- le modèle des « objectifs/résultats » qui décrit la décomposition des objectifs à atteindre relativement au produit et les résultats atteints (*Goal / Results*),
- le modèle des « tâches » relatives au développement du produit (*Task*),
- le modèle des « activités planifiées » qui intègre le modèle objectifs/résultats et le modèle de tâches pour procéder à la planification des activités (*Activity / Plan*),
- le modèle des « ressources » identifiant leurs caractéristiques, leur structure et leurs relations (*Resources*),
- le modèle de « l'historique de conception » qui constitue la mémoire d'un projet de développement de produit par l'archivage des activités réalisées (*Design History*).

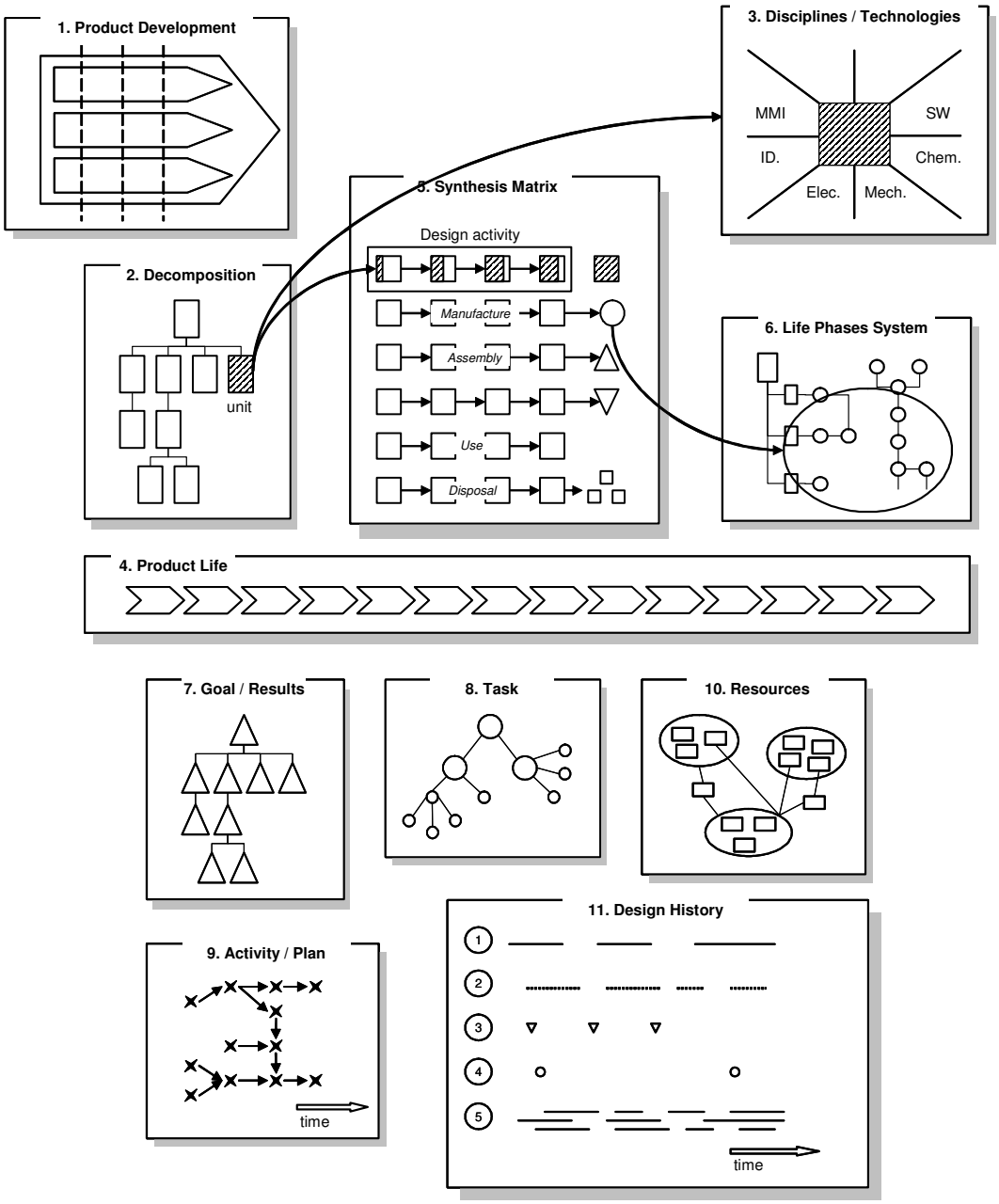


Figure 2. Design Co-ordination Frameworks [Andreasen et al., 94]

Les travaux portant sur l'exploitation de la « Design Co-Ordination Theory » ne présentent aujourd'hui aucune indication sur la mise en œuvre opérationnelle des « Frameworks » dans la mesure où certains de ces modèles ne sont pas explicités dans leur totalité. En vue de l'étude et de la coordination du système de conception, il nous faut donc utiliser un modèle plus abouti. Nous allons maintenant décrire le modèle GRAI R&D.

2.3.2 Le modèle GRAI R&D

Le modèle GRAI R&D [Girard, 99], fournit un cadre pour l'étude du système de conception qui est modélisé en trois parties (Figure 3) :

- Le ***système technologique*** au sein duquel les données d'entrées sont transformées en données de sortie,
- Le ***système décisionnel*** qui pilote la transformation qui a lieu dans le système technologique,
- Le ***système informationnel*** qui relie le système décisionnel et le système technologique et qui permet aussi la liaison avec l'environnement.

Ce modèle du système de conception repose sur la théorie des systèmes [Simon, 60], [Le Moigne, 77], la théorie des organisations [Mintzberg, 89] et la théorie des système hiérarchisés [Mesarovic *et al.*, 70].

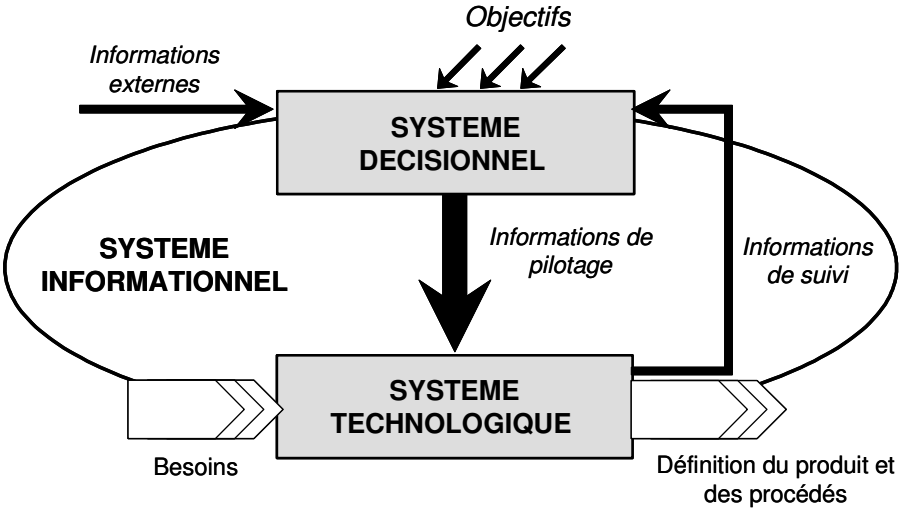


Figure 3. Le système de conception [Girard, 99]

Le ***système technologique*** (Figure 4) décrit la transformation des besoins exprimés en la définition de produits et de leurs procédés d'élaboration. Il utilise un ensemble de ressources humaines, physiques et informationnelles (logiciels, savoir-faire, flux d'information). Il est structuré en *centres de conception*. Le ***système décisionnel*** décrit les décisions fixant les ordres de pilotage transmis au système technologique en vue de coordonner et de synchroniser les activités qui s'y déroulent. Il est structuré en *niveaux de décision* regroupant des *centres de décision*. Un *centre de conception* est piloté par un *niveau décisionnel* qui lui assigne un « *cadre de conception* » décrit par les objectifs de conception à atteindre, un domaine de compétences, les moyens attribués (financiers, humains, physiques et informationnels) et les objectifs de performance permettant d'évaluer périodiquement les activités du centre. Le ***système technologique*** fournit en retour des informations de suivi vers le ***système décisionnel*** concernant l'évolution des connaissances sur le produit dont il a la charge et concernant l'avancement et le résultat de ses activités.

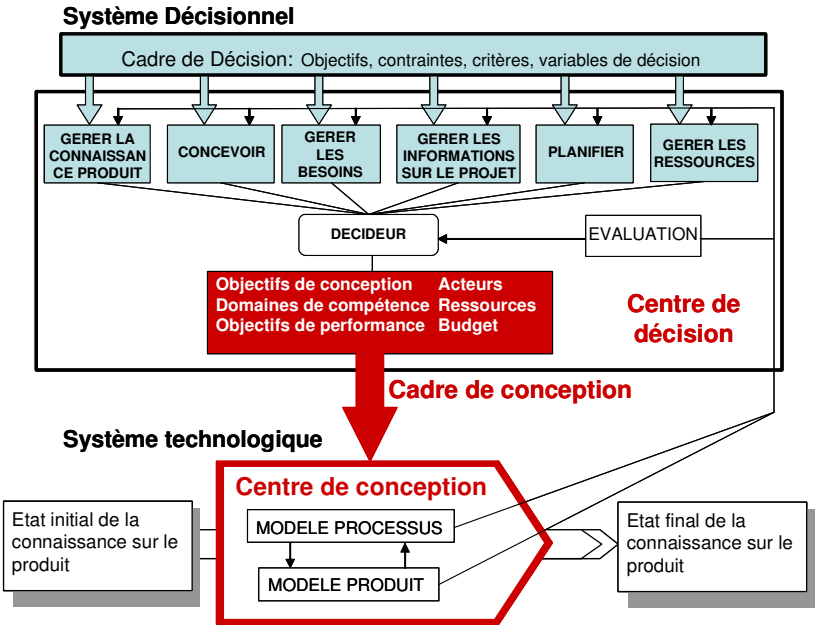


Figure 4. Description locale du système de conception

Dans la méthodologie GRAI, le concept d'horizon – période permet la structuration des *centres de décision* en *niveau décisionnel* [Doumeingts, 84]. L'*horizon* correspond à la durée de validité de la prise de décision et la *période* permet de réactualiser les informations support à la décision. Ce concept permet une première classification des décisions selon un critère d'ordre temporel, en trois catégories :

- les *décisions stratégiques* (long terme) concernent les politiques et les stratégies de l'entreprise. Elles indiquent les orientations et les objectifs de la conception.
- les *décisions tactiques* (moyen terme) concernent l'organisation et les moyens que l'on va mettre en œuvre pour atteindre les objectifs.
- les *décisions opérationnelles* (court terme) concernent l'application, l'exécution des différentes activités.

Pour mieux ordonner les décisions et pour faciliter la compréhension du pilotage du système, cette classification est complétée par un second critère qui correspond à la nature même de la décision, c'est à dire son *objectif fonctionnel*. Trois objectifs fonctionnels sont pris en compte :

- les décisions liées à la gestion des flux d'informations,
- les décisions liées à la gestion des capacités,
- les décisions de synchronisation entre les flux et les capacités.

On peut ainsi définir un centre de décision comme étant une prise de décision d'un niveau décisionnel donné (horizon – période) pour un objectif fonctionnel donné. A chaque niveau

décisionnel, six centres de décision peuvent être identifiés en fonction de la décomposition selon le type d'objectif fonctionnel des décisions. Cette décomposition concerne [Girard et Doumeingts, 04] (Figure 5) : gérer les connaissances sur le produit, synchroniser les méthodes de conception, gérer les besoins, gérer les informations sur les projets, synchroniser les projets de conception et gérer les ressources.

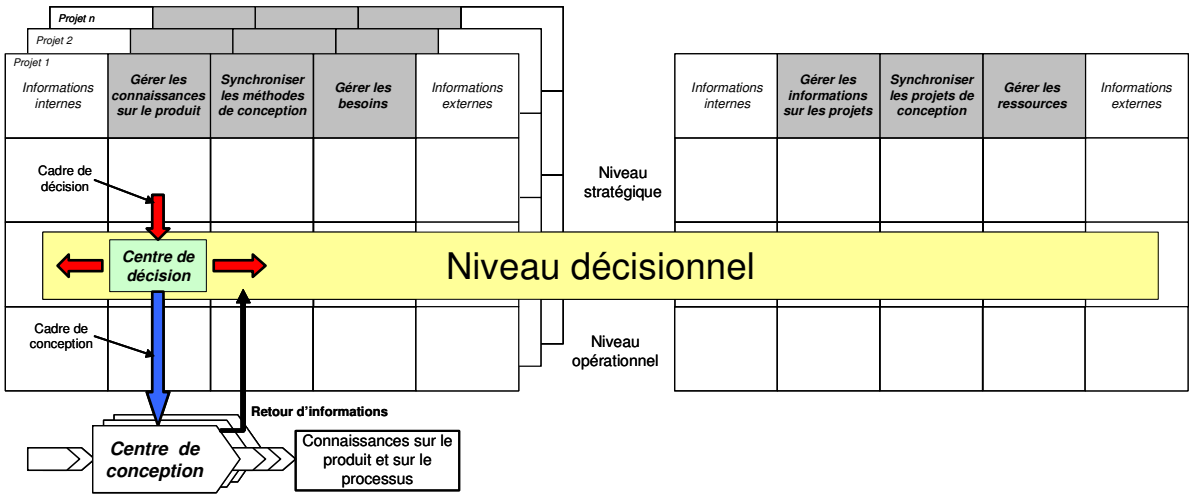


Figure 5. La structure GRAI R&D [Girard et Doumeingts, 04]

2.3.2.1 Le centre de décision

Les différentes activités au sein d'un centre de décision [Doumeingts *et al.*, 96] sont définies par le biais du cadre de décision qui leur est associé (variables et limites de la prise de décision), du résultat de chaque processus de prise de décision, et par les informations utilisées pour prendre la décision. Le concept de cadre de décision permet la coordination entre les centres de décision. Un cadre de décision est défini par :

- les objectifs de la prise de décision,
- les variables de décision qui permettent de déterminer les actions à mener,
- une ou plusieurs contraintes en relation avec les variables de décisions,
- un ou plusieurs critères permettant un choix entre les variables de décision.

La définition opérationnelle des éléments précédents va être revue à chaque période des niveaux décisionnels. Il y a une très forte relation entre l'organisation du système technologique et les niveaux décisionnels. Chaque niveau coordonne une partie plus ou moins importante du système technologique, appelée centre de conception. La coordination s'appuie sur une prise de décision [Duffy, 97] basée sur des informations permettant de modéliser de façon prédictive le système sur lequel porte la décision, et d'estimer la « valeur » résultante attendue. Il sera donc nécessaire d'évaluer la performance en conception pour permettre la

prise de décision [O'Donnel, 01] [Haffey, 01].

2.3.2.2 Le centre de conception

Un centre de conception peut être considéré comme une organisation particulière mise en place pour atteindre certains objectifs de conception. Le centre de conception est l'espace de la transformation de l'état initial de la connaissance sur le produit à son état final. Cette transformation est représentée par un modèle de processus et la connaissance sur le produit par un modèle de produit [Eynard, 99]. L'état final est obtenu lorsque tous les objectifs assignés au centre de conception sont atteints. Le contexte au sein duquel la transformation a lieu est décrit à l'aide du cadre de conception. Le cadre de conception qui provient du niveau décisionnel supérieur qui coordonne le centre de conception considéré est caractérisé par :

- les objectifs de la conception qui doivent être atteints par le centre de conception,
- le champ de compétences qui détermine les connaissances, les méthodes, les procédures et les technologies qui doivent être utilisées,
- les objectifs de performance pour vérifier les résultats de la transition, comme par exemple les jalons et les valeurs attendues,
- les moyens requis pour atteindre les objectifs : humains (concepteurs) et ressources matériels, budget, délais, etc.

Les concepteurs sont les ressources humaines assignées au centre de conception pour atteindre les objectifs assignés. Le concepteur du centre de conception peut être un groupe de projet, une équipe de développement ou une personne seule.

2.3.3 Synthèse

La conduite de la conception relève d'une approche globale qui implique de pouvoir discerner les différentes situations de conception qui interviennent lors du développement de nouveaux produits et de mettre en place les conditions nécessaires pour que les objectifs recherchés puissent être atteints dans chacune de ces situations [Merlo, 03]. Elle nécessite de savoir sur quoi l'on peut agir, donc d'avoir un modèle des éléments principaux influant sur la conception pour piloter le processus d'ingénierie et donc ensuite l'évaluer. Les modèles de processus étant relativement limités, nous nous sommes orientés vers les modèles du système de conception, beaucoup plus exhaustifs, en vue de la conduite de la conception. Nous retiendrons le modèle GRAI R&D qui identifie les éléments globaux et locaux du système de conception, qui offre la possibilité de discerner les différentes situations de conception et permet ainsi la conduite du système de conception. A l'aide du modèle de produit et du modèle de processus, le chef de projet a une vision des résultats de la conception. Mais, les

résultats de la conception ne suffisent plus aujourd'hui pour juger de la performance de la conception et l'amélioration de celle-ci passera par la prise en compte des interactions entre le produit, le processus, l'organisation et les acteurs de la conception. Le modèle GRAI R&D est adapté pour décrire le cadre général de la prise de décision mais la décomposition en centres est une vue macroscopique du système et n'offre pas une description précise de l'activité de conception telle que nous avons pu la définir. Le modèle GRAI R&D doit donc être complété pour obtenir un modèle intégrant l'ensemble des éléments influant l'activité collaborative et le processus de conception :

- critères liés au contexte global de la conception,
- critères organisationnels,
- critères liés au produit et au processus de conception,
- critères liés aux acteurs.

Cette modélisation du système de conception sera une base de description de la situation de conception en vue de favoriser les situations de collaboration entre les acteurs et de permettre son évaluation. Nous allons maintenant nous attacher à décrire l'activité d'évaluation du système de conception afin de permettre la prise de décision de pilotage.

3 Evaluation des systèmes de conception

En conception, il existe deux inconnues principales dans le système de conception : l'objet technique de la conception soit le *produit* et la transformation de cet objet soit le *processus*. Cette transformation va s'opérer en partant des besoins exprimés du client. Elle dépend des ressources disponibles et elle doit satisfaire aux objectifs de performance du système industriel considéré [Girard, 99]. Pour piloter la performance d'un système, il est nécessaire de pouvoir mesurer les effets des actions engagées sur ce système par rapport aux objectifs à atteindre. L'évaluation est une activité analytique qui consiste à donner une valeur, une appréciation, un jugement ou une importance à un objet. En conception l'évaluation est l'action d'apprécier l'adéquation entre les solutions proposées et le problème auquel elles sont censées répondre [Lonchampt, 04]. Les premiers travaux que l'on peut citer pour ce qui est de l'évaluation du système de conception sont ceux de Tyler [Tyler, 66]. La séquence que Tyler propose décrit le système d'évaluation en trois étapes successives posant ainsi les fondements des systèmes d'évaluation :

1- fixer un objectif de référence,
2- mettre en œuvre des moyens que l'on suppose adaptés aux objectifs,
3- mesurer les effets de cette mise en œuvre.

Micaelli [Micaelli, 03] complète cette approche en décrivant les boucles de rétroaction qui apparaissent lors de la mise en place du système et propose une nouvelle séquence (Figure 6.).

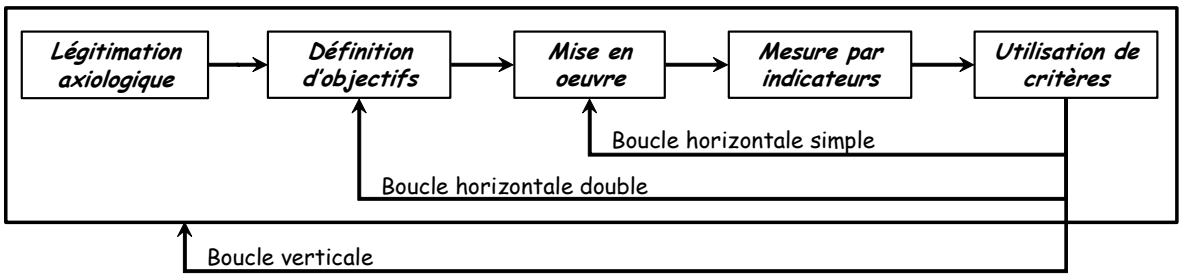


Figure 6. Séquence d'évaluation de la performance en conception [Micaelli, 03]

Ces différentes boucles montrent les remises en cause nécessaire au système d'évaluation selon trois niveaux [Lupan *et al.*, 05] :

- remise en cause des moyens en fonction des critères,
- remise en cause des objectifs en fonction des critères,
- la capacité de l'évaluateur à percevoir ses limites donc à infléchir, à reformer sa pratique.

Cette notion de remise en cause est aussi présente dans les travaux sur les systèmes de mesure de la performance réalisés par [Bitton, 90]. Il met en évidence la nécessité d'associer l'indicateur de performance et la variable de décision à l'objectif à atteindre. Un indicateur de performance est ainsi capable de traduire l'effet des variables de décision au regard de l'objectif visé. Micaelli [Micaelli, 03] complète cette vision en indiquant que : « *l'évaluation est connexe à une action précise, menée sur un système cible précis, dans un contexte particulier. De la sorte, l'évaluateur doit concevoir des artefacts supports spécifiques, c'est à dire adaptés à des besoins, […] ainsi il ne peut se contenter de choisir entre des solutions prédéfinies ou d'appliquer des routines partagées par une grande masse d'acteurs* ». Il faut donc mesurer les besoins spécifiques pour l'évaluation puis les transformer en indicateurs. Un modèle d'indicateurs de performance dépendant de l'approche de conception et des facteurs influant la conception doit être construit pour évaluer le système. Jusqu'à récemment, c'est le triptyque "coût, délai, qualité" qui servait de base pour construire un modèle d'indicateurs de performance [Lorino, 03]. En conception, si l'on se réfère aux travaux de Mathe et Hazebroucq [Mathe, 99] [Hazebroucq, 99] la performance signifie « être efficace » mais aussi « être efficient », ce qui conduit à parler d'efficience, d'efficacité et d'effectivité. Autrement dit, la réalisation du but final ne suffit pas, la manière d'atteindre ce but doit être également jugée. Ainsi un projet doit fournir plus de richesse qu'il en a reçu (effet surgénérateur), tant au

niveau humain, financier et technique, que pour tous les acteurs, internes ou externes, à l'entreprise [Lorino, 03]. Hazebroucq souligne alors l'étroitesse du triangle « vertueux » : Coût, Qualité et Délais, proche de la notion d'efficacité, et la nécessité de mise en place de variables incarnant l'effet surgénérateur (satisfaction du client par rapport au résultat du projet, satisfaction de l'équipe et effet positif sur l'organisation en termes d'apprentissage et de capitalisation). Les travaux de Forest [Forest, 97], Perrin [Perrin, 95, 97], Barthélemy [Barthélemy, 99] ou Marle [Marle et Bocquet, 01] abondent dans ce sens (Tableau 4).

Tableau 4. Synthèse des travaux sur le pilotage et l'évaluation de la conception

Modèle de conception	*Forme de pilotage*	*Critères d'évaluation*	*Forme d'évaluation*	*Quelques auteurs*
Succession hiérarchique de phases	Pilotage basé sur des règles de gestion de projet.	• Coûts • Qualité • Délais	Evaluation quantitative indirecte des dérives sur les paramètres de pilotage.	[Forest, 97]
Itération d'un cycle élémentaire	Pilotage intégré au processus.	• Résultats attendus à chaque itération : – Simulations – Prototypes	Evaluation technique basée sur les résultats des itérations et sur une redéfinition des objectifs et des spécifications.	
Processus de production	Pilotage centré sur les ressources humaines, basé sur les méthodes employées en gestion de production.	• Disponibilité • Fiabilité • Variabilité • Réactivité	Evaluation directe complexe, basée sur des critères de coûts et d'utilisation des ressources humaines.	[ECT, 95] [Perrin, 95] [Perrin, 97]
Conception innovante	Pilotage centré sur les ressources, le processus, l'organisation.	• Coûts • Qualité • Délais • Processus de conception • Exigences du marché	Evaluation relative aux résultats et au processus de conception.	[Barthélemy, 99]
	Pilotage par niveau et centré sur les risques inhérents au processus.	• Niveaux : – Stratégique – Tactique – Opérationnel • Risques : – Fonctionnel (objectif) – D'incertitude (solution) – Organique (organisation)	Evaluation relative à l'objectif à atteindre, à la solution technique et à l'organisation mise en place.	[Bocquet, 98] [Marle, 01]

La recherche de la performance en conception implique l'optimisation de la transformation du flux d'informations et du système qui coordonne cette transformation [Duffy *et al.*, 97]. Le modèle générique de la performance d'une activité de conception d'O'Donnell et Duffy [O'Donnell et Duffy, 99] insiste sur la nécessité d'identifier tous les éléments de l'activité et leurs relations pour évaluer cette activité. L'évaluation a donc du sens dans un contexte donné, pour mesurer un objectif spécifique, avec des leviers d'actions pour savoir sur quoi agir et des indicateurs adaptés à l'objet de l'évaluation. Le modèle du concept de mesure de la performance appliqué à la conception [Girard 99] (Figure 7) permet de considérer tous ces aspects.

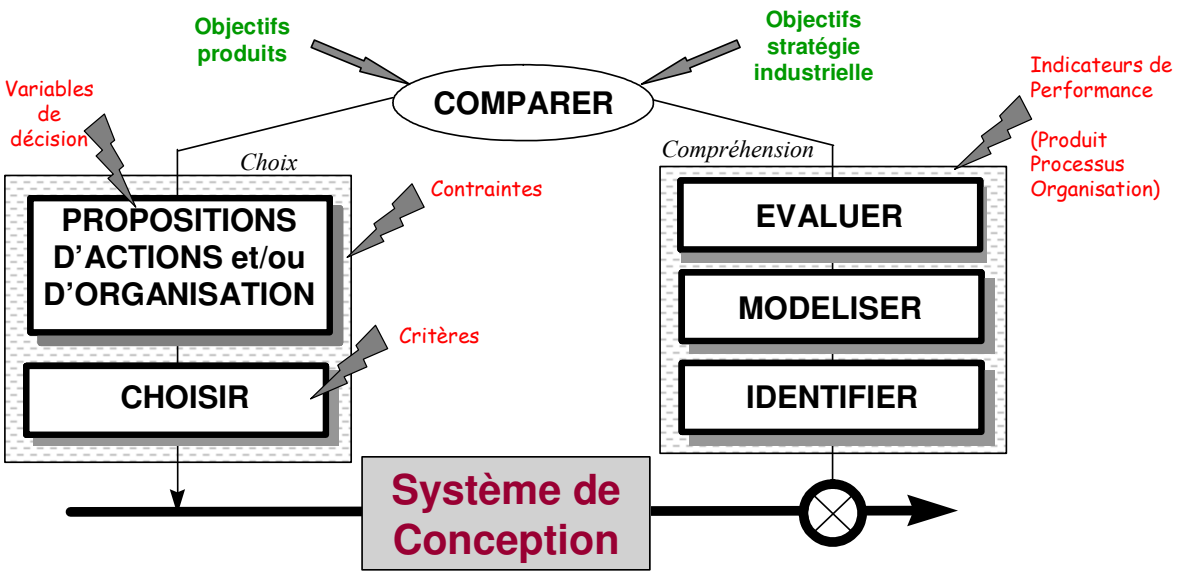


Figure 7. Modèle du concept de mesure de la performance en conception

Ce modèle met en avant le fait que la mesure de performance en conception se base sur une identification/modélisation du système à conduire et sur un ensemble d'outils permettant son évaluation. Evaluation qui, par comparaison avec les objectifs de l'entreprise et les objectifs sur le produit, permettra de juger de la performance du système mis en place. Ainsi, au regard de la situation de conception par le biais des indicateurs de performance, des variables de décision, des contraintes et des leviers d'action que le décideur aura à sa disposition, il sera en mesure de faire évoluer (ou non) le système en agissant de telle sorte que ce dernier puisse atteindre ses objectifs de façon efficace, efficiente et effective.

4 Conclusion

L'entreprise d'aujourd'hui, pour être performante en conception, doit non seulement piloter le processus de conception mais également conduire le système de conception. La conduite a pour finalités d'améliorer la performance globale de l'entreprise et de lui apporter une réactivité face aux évolutions des attentes du client et des contraintes du marché. Dans ce chapitre, nous avons vu que la conduite du système de conception oblige de pouvoir comprendre et évaluer le processus de conception et en particulier les activités qui le composent, mais aussi et surtout le système de conception, au sein duquel le processus se déroule. Ainsi, l'évaluation de la conception doit proposer tout un ensemble d'éléments de mesure, identifiés sur la base d'un modèle du système à conduire, en vue de pouvoir fournir des informations pertinentes pour assurer une prise de décision cohérente au regard de l'état réel du système. Toute la difficulté va se situer dans la modélisation du système en vue de son évaluation. Au niveau du processus de conception, nous avons vu qu'il faut se concentrer sur

la définition du produit et de son évolution, sur les objectifs de conception contraints par l'organisation de l'entreprise [Mintzberg, 89] mais également sur les étapes de conception influencées par les technologies, les ressources humaines et physiques mises en œuvre [Wang, 02]. Nous avons aussi mis en lumière dans ce chapitre, les difficultés de la modélisation du processus de conception et plus globalement du système de conception dès lors que l'on cherche à avoir une vision relativement complète de ces derniers. Ainsi, nous devons définir un modèle d'évaluation de la performance du système de conception qui identifie l'ensemble du système et les vecteurs de performance de la conception. Ce modèle doit permettre alors de développer un système d'indicateurs de performance pour aider à la prise de décision et à la conduite du système de conception. Le modèle de description du système et le système de mesure de performance associé forment les fondements d'une méthodologie générale d'évaluation de la performance des systèmes de conception. Notre contribution ne saurait être complète sans une proposition d'un outil logiciel destiné à aider les acteurs dans leurs activités de conduite et d'évaluation du système de conception.

Dans le chapitre suivant nous identifions l'ensemble des vecteurs de performance en conception et réalisons un état de l'art pour définir les méthodes et les outils de modélisation et d'évaluation associés à chacun d'eux en vue de leur intégration dans le modèle d'évaluation des systèmes de conception qui sera proposé au chapitre 3.

Chapitre 2

Identification des vecteurs de performance en conception

1 Introduction

Performance signifie « être efficace » mais aussi « être efficient » [Mathe et Chague, 99], [Hazebroucq, 99]. Autrement dit, la réalisation du but final ne suffit pas, la manière d'atteindre ce but doit également être jugée. Ainsi un projet doit fournir plus de richesse qu'il en a reçu (effet surgénérateur), tant au niveau humain, financier et technique, que pour tous les acteurs internes ou externes à l'entreprise. Ainsi, lorsque l'on parle de performance en conception, il est en principe fait référence à deux orientations particulières : l'évaluation de la *performance du produit* conçu et l'évaluation de la *performance du processus de conception* qui a généré le dit produit. *La performance du produit* est étroitement liée à la notion de valeur. Cette notion est issue principalement des domaines de la finance et de la comptabilité et trouve toute sa justification dans la chaîne de la valeur de Porter [Porter, 86] qui vise notamment à l'identification des activités apportant de la valeur au produit relativement aux attentes du client. La notion de valeur est difficilement mesurable de part la polysémie du terme [Ben Ahmed et Yannou, 03]. *La performance du processus de conception* est classiquement basée sur le triptyque « coût, délai, qualité » [Lorino, 03] auquel on ajoute « l'organisation » pour intégrer le fait qu'il faille optimiser la transformation du flux d'informations et le système qui coordonne cette transformation [Duffy *et al.*, 97]. Hazebroucq [Hazebroucq, 99] souligne l'étroitesse de ce triptyque, proche de la notion d'efficacité, et la nécessité de mise en place de variables incarnant l'effet surgénérateur (satisfaction du client par rapport au résultat du projet, satisfaction de l'équipe et effet positif sur l'organisation en termes d'apprentissage et de capitalisation). Cette approche de la performance induit qu'aujourd'hui, un des objectifs de la conduite de la conception est de définir et d'organiser le système au sein duquel les projets et la conception du produit vont se dérouler. Ceci devra se faire tout en tenant compte de la complexité croissante des processus de conception et d'objectifs de coût, de qualité et de délais de plus en plus restrictifs. Les processus sont aujourd'hui basés sur la collaboration entre les acteurs [Poveda, 01] et l'organisation doit s'adapter en fonction des besoins de collaboration. Elle va influencer fortement l'efficacité du système en terme de fluidité, de facilités de communication,… [Perrin, 99] et d'intégration d'aspects liés au management de la connaissance [Nakahara, 01].

Pour survivre, les entreprises doivent avoir une approche globale des processus techniques, organisationnels et financiers pour ainsi savoir créer de la valeur simultanément pour leurs clients, leurs actionnaires et leurs salariés. Pour ce faire, en terme d'organisation du système, il sera nécessaire de tenir compte des points de vue de chaque acteur (client, décideur, concepteur,…) [Darses, 97], [Million, 98], [Tehari, 99] et de comprendre le contexte dans lequel va se dérouler le processus de conception [Chiu, 03]. Ceci permettra d'identifier les éléments qui vont avoir une influence sur le processus et ainsi pouvoir faire évoluer de façon favorable ce contexte. La considération de différents points de vue nous conduit à faire une distinction entre un contexte propre au groupe d'acteurs et le contexte de conception au sein duquel le groupe va évoluer [Badke-Schaub et Frankenberger, 99] [Girard *et al.*, 02], [Robin *et al.*, 04a] (Figure 8).

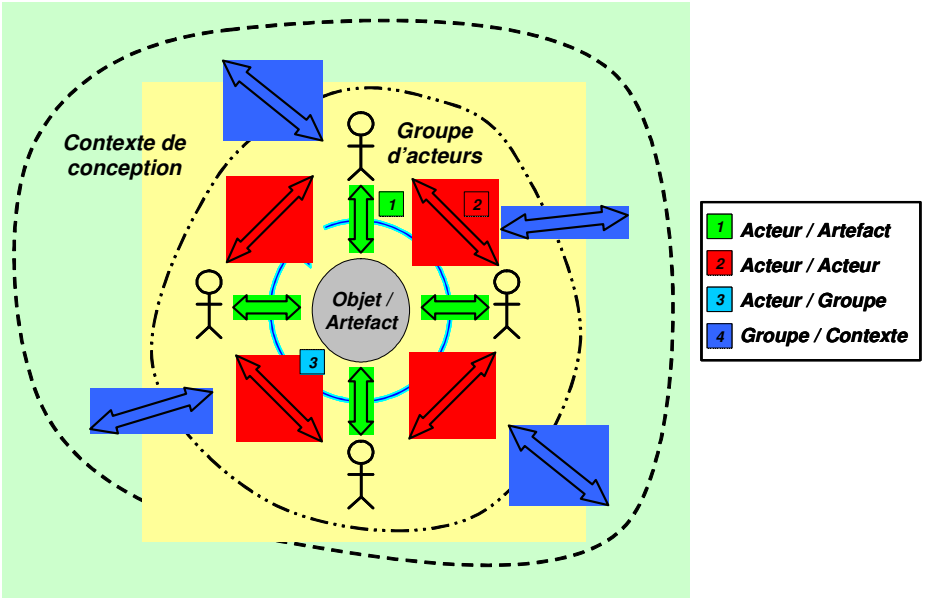


Figure 8. Positionnement des acteurs et du groupe dans son contexte [Robin et al., 04a]

La mise en évidence des deux contextes dans lesquels les acteurs vont évoluer met en lumière quatre formes d'interactions lors d'une activité de conception :

- les interactions entre l'acteur et l'artefact (l'objet de la conception). Ces interactions vont concerner l'analyse du rôle d'un acteur sur l'évolution de la définition de l'artefact (interactions repérées 1, Figure 8),
- les interactions entre l'acteur et les autres membres du groupe. Les types d'échanges, les vecteurs de collaboration sont identifiés et les connaissances échangées sont décrites [Robin *et al.*, 04a] (interactions repérées 2, Figure 8),

- les interactions qui contribuent à créer et entretenir la dynamique générale du groupe (facteurs créant un bon état d'esprit et la motivation au sein du groupe) (interactions repérées 3, Figure 8),
- les interactions entre le groupe (ou chaque acteur du groupe) et le contexte de la conception (interactions repérées 4, Figure 8).

La prise en compte de ces interactions est primordiale pour organiser le système de conception. En effet, elles contribuent à identifier l'action d'un acteur sur l'artefact et à définir les échanges et les influences mutuelles entre les acteurs, le groupe et le contexte de conception, et également les éléments favorisant une dynamique de groupe et révélateurs de celle-ci. Finalement, au delà du classique triptyque coût, qualité, délais, l'amélioration de la performance en conception passe aussi par la prise en compte des ressources (flexibilité, voir agilité et adaptabilité), de la fluidité de la communication entre les ressources, du management de la connaissance échangée au cours des activités collaboratives, de l'influence du système sur les ressources et de l'organisation du système, du processus et des activités. Ces éléments sont autant de vecteurs de performance globaux pour le système de conception. Ils dépendent essentiellement du contexte de conception, des ressources humaines et des connaissances. Mais, lorsque l'on s'intéresse aux interactions entre l'acteur et l'artefact (l'objet de la conception) ces vecteurs sont trop généraux et inadaptés et ne permettent pas d'analyser le rôle d'un acteur sur l'évolution de la définition de l'artefact. Les performances locales des activités des acteurs sont primordiales car elles ont une influence sur la performance globale du système [Ducq, 99]. Pour tenir compte de ces performances il faut s'attacher à suivre l'évolution du produit. Cette évolution concerne la transformation de la connaissance technologique du produit (fonction, structure, comportement,…). Cette connaissance est formalisée à l'aide d'un modèle de produit et sa transformation est représentée par un modèle de processus. Le modèle de processus assure le suivi, la traçabilité et la capitalisation de la logique de conception en vue de son exploitation (réutilisation et évolution). La prise en compte des décisions de conduite permet d'envisager l'organisation et la coordination de l'ensemble des projets afin de satisfaire aux objectifs externes et internes de l'entreprise. Ainsi, au delà du système de conception, c'est aussi le processus de conception et les activités qui s'y déroulent qu'il va falloir considérer. Les modèles associés au produit, au processus et à l'organisation sont des vecteurs de performances locaux, propres au système de conception qui permettront de prendre en compte les performances du processus de conception et des activités.

Dans la première partie de ce chapitre, nous nous attacherons à identifier les vecteurs de performance globaux des systèmes de conception. Nous verrons que ces vecteurs participent à la modélisation de l'entreprise et concernent le contexte du système de conception, les acteurs du système et les savoir et savoir-faire. Nous présenterons les méthodes qui permettent de modéliser et de suivre l'évolution de ces vecteurs et de tenir compte de leur influence sur le système de conception. Les vecteurs globaux positionnent l'entreprise selon trois dimensions qui décrivent l'espace au sein duquel elle évolue. Malgré tout, nous montrerons que ces vecteurs ne sont pas suffisants pour piloter des activités.

La seconde partie du chapitre décrit les vecteurs de performance locaux. Ces vecteurs sont relatifs au produit qui est conçu dans le système de conception, au processus qui conduit à la définition du produit et à l'organisation mise en place pour assurer l'atteinte des objectifs. Nous étudierons les différents modèles existants et nous identifierons leurs limites. Nous montrerons que les modèles de produit actuels sont mal adaptés aux contraintes des systèmes de conception puisqu'ils n'intègrent que trop peu les aspects technologiques et la dimension multi-vues tout au long du cycle de conception/industrialisation du produit. Nous verrons que les modèles produits sont ainsi souvent couplés à ces modèles processus pour pallier ce défaut. Enfin, notre analyse du modèle d'organisation GRAI R&D nous conduira à proposer une ontologie des situations de collaboration en vue de tenir compte des spécificités de l'identification des vecteurs de performance pour les activités collaborative de conception.

Lors de sa prise de décision, le décideur doit tenir compte des vecteurs de performance globaux et locaux et de leur influence sur le système. Mais ceci ne sera possible que s'il est en mesure d'évaluer la portée des actions qu'il mène en vue d'influer sur le système. La troisième et dernière partie présente donc les différentes méthodes et les outils associés pour l'évaluation de la performance des systèmes. Nous nous focaliserons en particulier sur la démarche ECOGRAI pour la conception et la mise en place d'un système d'indicateurs de performance.

2 Les vecteurs de performance globaux

2.1 Description du contexte des systèmes de conception

2.1.1 Etude des modèles existants de description du contexte des systèmes de conception

De nombreux modèles ont été proposés pour définir le contexte du système de conception et l'ensemble des paramètres l'influençant, en tenant compte de leur multiplicité et de leur caractère multidimensionnel [Solhenius, 92], [Bocquet et Marle, 00], [Laurikkal *et al.*, 01] ou [Marle, 02]. Longueville *et al.* [Longueville *et al.*, 01] proposent de décrire le contexte de conception selon deux environnements (Figure 9) : l'environnement interne et l'environnement externe. Ils considèrent le système de conception comme l'ensemble des projets faisant partie d'une structure matricielle et identifient les liens entre le système et son environnement.

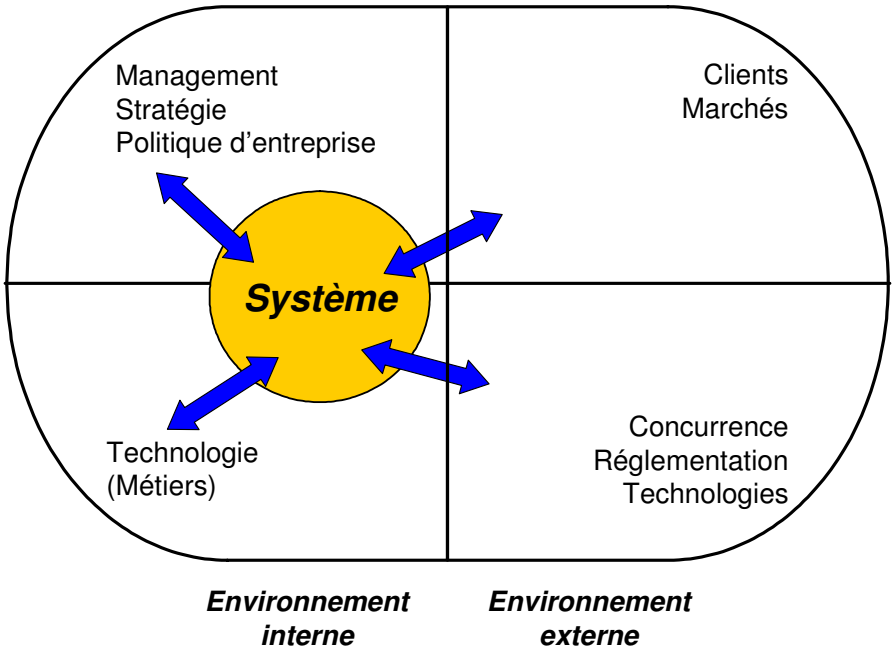


Figure 9. Définition du contexte du système de conception [Longueville et al., 01]

Cette description du contexte de conception met en évidence le caractère déterminant des interactions puisqu'elles ajoutent des contraintes au processus de conception et ont une influence dans l'évaluation des performances vis-à-vis des clients et du système industriel. Le contexte est composé des environnements interne et externe qui caractérisent les deux domaines d'interactions principaux de l'entreprise. Ils sont très importants car ils indiquent, de façon plus ou moins implicite, le positionnement de la frontière entre le système de conception et son contexte. Nous retrouvons cette notion d'environnements chez Rosenman et

Gero [Rosenman et Gero, 98]. Pour eux la conception est avant tout une activité humaine, qu'il est très difficile de comprendre. Ils proposent ainsi de considérer des aspects proches de l'humain, pour mieux appréhender les facteurs qui influenceront les acteurs de la conception. Rosenman et Gero montrent que l'évolution du produit se fait en fonction des interactions qui existent entre le processus de conception et les environnements « naturel » et socio-culturel dans lesquels évoluent les acteurs. Ils octroient un rôle central à l'humain dans le système de conception puisque c'est à travers lui que se concrétisent, en terme d'évolution du produit, les interactions entre les éléments du contexte. Eder [Eder, 04] va plus loin en proposant lui aussi une description, mais beaucoup plus détaillée, du contexte dans lequel se déroule l'activité de conception. Eder positionne l'activité de conception à l'intersection de trois axes : un axe socio-culturel, un axe économico-organisationnel et un axe techno-scientifique (Figure 10.). Il définit ainsi le contexte de conception en considérant des aspects liés au produit, au processus mais tout en tenant compte des aspects humains, sociaux et organisationnel.

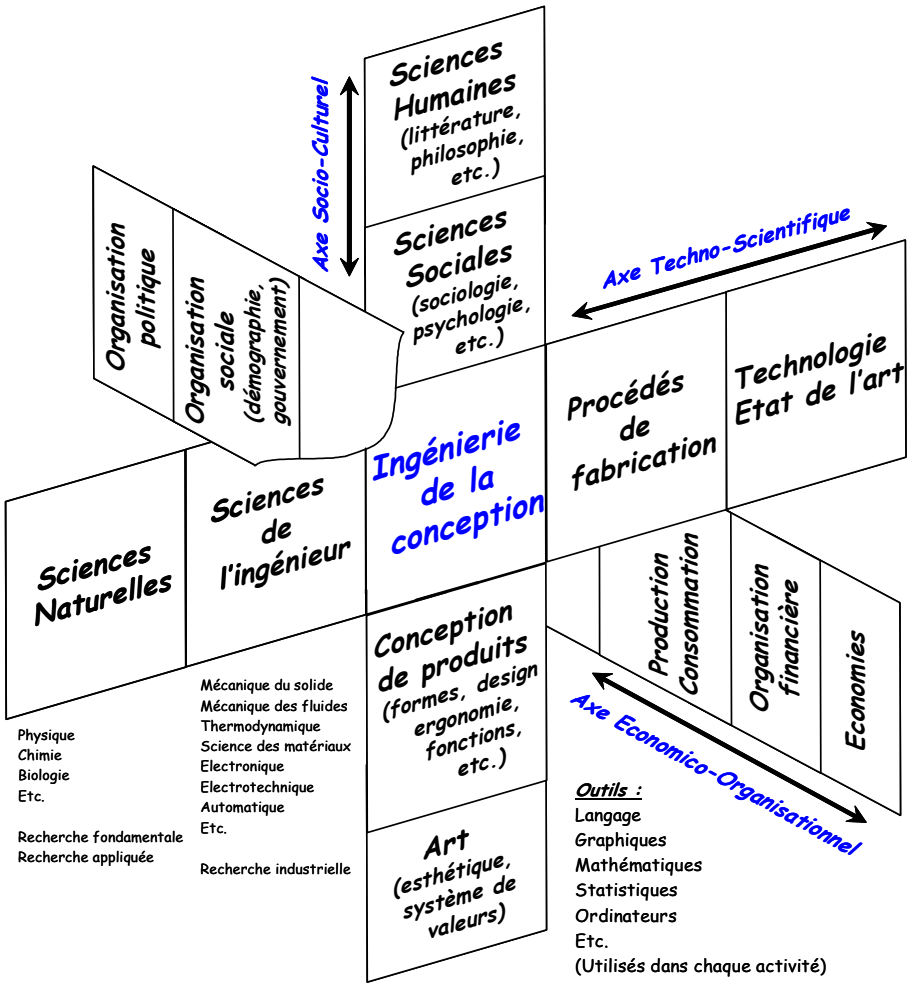


Figure 10. Contexte général de l'ingénierie de la conception [Eder, 04]

Cette approche peut être rapprochée de celle proposée par Sudarsan *et al.* [Sudarsan *et al.*, 05] dans leurs travaux sur le développement d'un cadre de modélisation des informations sur le produit pour aider à la conduite du cycle de vie du produit. Cette description des facteurs influents sur le produit au cours de son cycle de vie identifie de façon relativement précise les éléments du contexte de conception mais elle met surtout en évidence les interactions que ces éléments ont les uns avec les autres (Figure 11). Ces interactions sont primordiales car elles contribuent à obtenir une description dynamique du système et non plus une vision statique comme celle d'Eder par exemple. Cette description met en évidence les vecteurs de performance décrivant le contexte de conception et qui participent à l'évolution du système en identifiant leurs interactions.

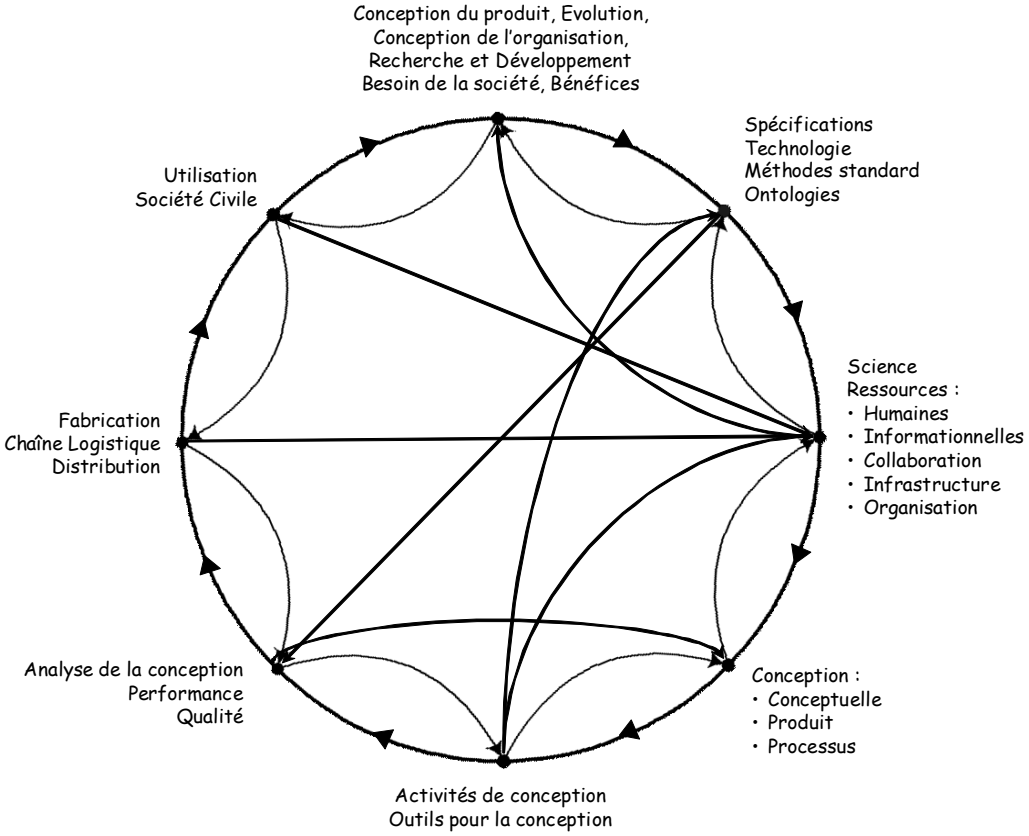


Figure 11. Description des facteurs influents au cours du cycle de vie du produit

Une synthèse de toutes ces approches permet d'identifier le fait que le contexte de conception doit mettre en évidence tous les facteurs sociaux culturels, économiques, organisationnels, scientifiques et techniques, qu'ils soient internes ou externes, qui auront une influence sur les acteurs. Les vecteurs de performance en conception apparaîtront dans la modélisation d'un environnement « interne » (l'entreprise, sa structure, ses fonctions, ses capacités matérielles et

financières, son organisation…) et d'un environnement « externe » (ses concurrents, ses sous traitants, les marchés, les clients, la société,…). Ces deux environnements formant le contexte de la conception. Le suivi de l'évolution de ces environnements contribuera à la conduite des systèmes de conception dès lors qu'il apportera des indications sur les éléments à intégrer dans l'organisation pour influencer favorablement le système.

2.1.2 Modélisation du contexte des systèmes de conception

Les méthodes de modélisation des systèmes sont nombreuses mais peu d'entre elles tiennent compte des spécificités du système de conception en considérant l'ensemble des éléments nécessaire à la description de son contexte. L'architecture CIMOSA [AMICE, 93] par exemple, fournit un cadre d'analyse des exigences et contraintes auxquelles est soumise une entreprise, qui permet ensuite d'intégrer ces exigences et ces contraintes dans un système qui modélisera les fonctions de l'entreprise et les influences des facteurs extérieurs sur ces fonctions. Cette architecture renvoie à des concepts et des méthodes de modélisation surtout orientés vers la modélisation des processus de l'entreprise en vue de leur conduite et ne prend pas en compte les aspects humains. Ces aspects sont par contre pris en compte dans l'approche PERA [Williams *et al.*, 92, 94] qui positionne les ressources dans la structure et décrit le cycle de vie global du système. Mais cette approche s'avère être trop générale pour identifier précisément les facteurs qui auront une influence réelle sur le système de conception. Ainsi, comme le soulignait déjà l'IFIP-IFAC Task Force en 1997 [IFAC-IFIP, 97] il semble « *qu'aucun des modèles n'est meilleur que les autres et que seule la réunion des concepts de chacun permettrait d'obtenir un modèle assez complet de description de l'entreprise* ». Ce travail a partiellement été réalisé par Merlo [Merlo, 03] dans le cadre de ses travaux sur la modélisation du système de conception. Merlo n'a pas réuni les concepts des modèles à proprement parler mais il a plutôt cherché à compléter et à adapter une méthode existante (GIM, [Zanettin, 94]) à la problématique de la modélisation du système de conception.

2.1.2.1 La méthode GRAI Ingénierie [Merlo, 03]

Les fondements de la méthode GRAI Ingénierie reposent sur la méthode GIM (GRAI Integrated Modelling) [Zanettin, 94] (Annexe 1). Cette méthode aide à la modélisation de l'entreprise et la décrit comme la composition de trois systèmes (le système physique, le système décisionnel et le système d'information) et suivant quatre vues (la vue fonctionnelle, la physique, la décisionnelle et l'informationnelle) (Figure 12).

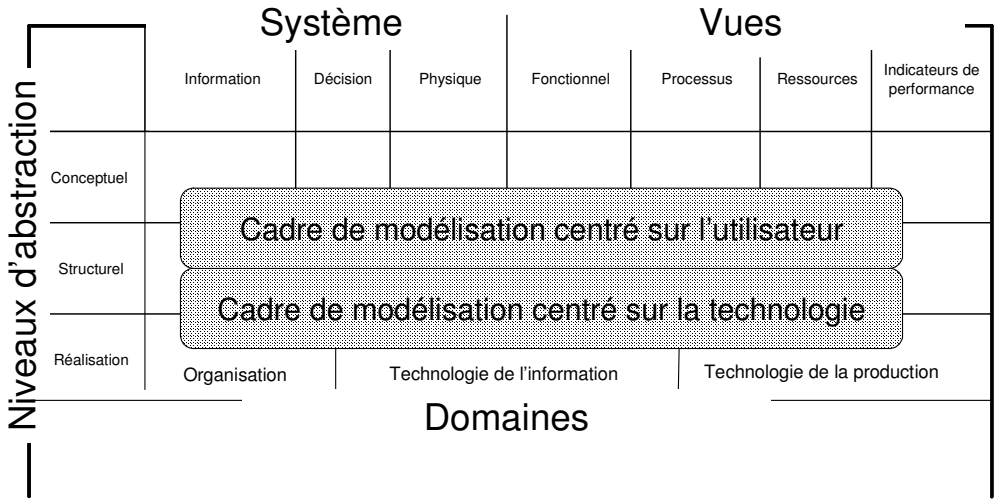


Figure 12. Cadre de modélisation de GIM

La vision orientée utilisateur permet de spécifier les attentes des utilisateurs en terme de ressources fonctionnelles, physiques, décisionnelles et informationnelles. La vision centrée sur la technologie transforme les spécifications utilisateur en spécifications techniques nécessaires pour implémenter le système. L'objectif de GIM est de définir les spécifications et de concevoir l'architecture incluant tous les composants constituants les systèmes CIM (Computer Integrated Manufacturing). GIM permet l'analyse et la définition des spécifications et des différentes phases de la conception du système pour le possible développement du celui-ci mais ne permet pas le développement du dit système. GIM est un outil de modélisation et propose une méthodologie qui structure les actions à mener dans le cadre de la re-conception d'un système existant. C'est pour répondre aux spécificités de la description du système de conception que Merlo [Merlo, 03] a proposé une approche globale pour la modélisation : la méthode GRAI Ingénierie (Figure 13) (Annexe 2).

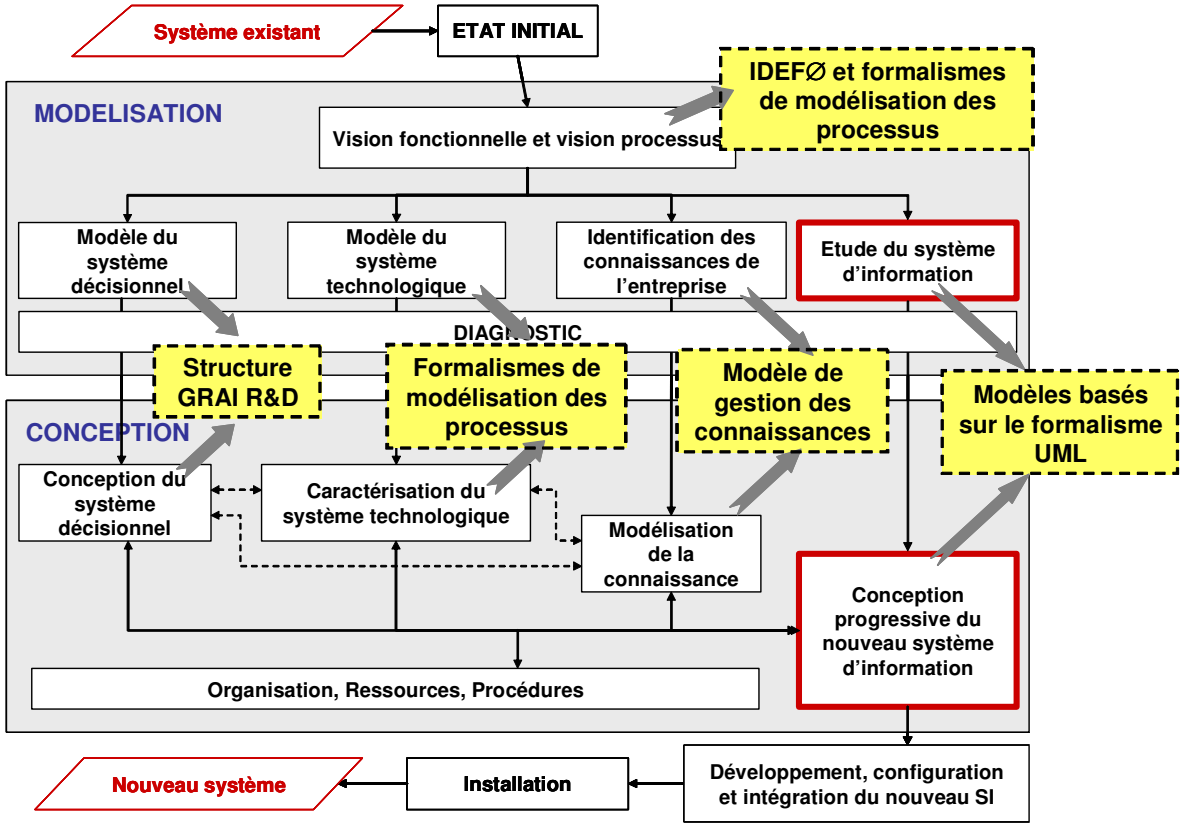


Figure 13. Méthode GRAI Ingénierie, modèles et formalismes associés [Merlo, 03]

Nous retrouvons dans cette modélisation l'ensemble des éléments que nous avions identifiés comme faisant partis des environnements interne et externe (structure fonctionnelle, système décisionnel et technologique,…). Nous obtenons ainsi une modélisation du système de conception et de son contexte, ce qui permet sa compréhension et sert de base à l'étude de son évolution en vue de sa conduite.

2.1.2.2 Suivi de l'évolution du système et de son contexte

L'objectif du suivi de l'évolution du contexte du système de conception est de pouvoir organiser le système en prévision des évolutions possibles du contexte, mais aussi en temps réel en fonction des évolutions réelles du contexte. L'analyse de l'évolution du contexte de conception est basée sur l'approche GEM [Malhéné, 00]. Partant d'une modélisation du système à l'aide de la méthodologie GRAI, l'approche GEM décrit le comportement global du système et de son contexte ainsi que leurs évolutions possibles. Cette approche est reprise dans les travaux de Blanc [Blanc, 05], dans le cadre du projet ATHENA [ATHENA, 04]. Les recherches de Blanc ont pour objectif de définir une approche générique pour l'analyse de l'évolution d'un système dans un contexte d'entreprise étendue [Browne, 95]. L'évolution du système est ici vue comme un processus continu et détermine la méthodologie de pilotage du

processus d'évolution des systèmes industriels. En pratique, le comportement d'un système pourra être perçu comme le séquencement de plusieurs étapes représentant différents états du système (Figure 14).

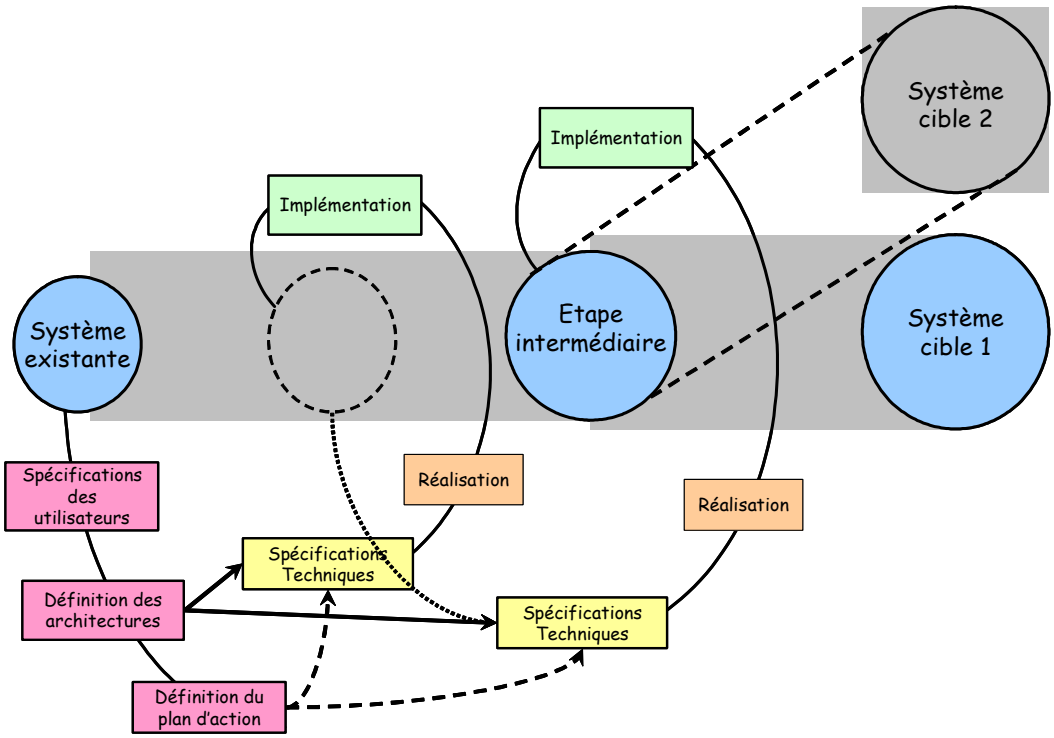


Figure 14. L'approche GEM [Malhéné, 00]

Le premier état du système correspond à son image à un instant « t », c'est le *système existant*. L'état final étant le *système cible*, correspondant au système qui répondra le mieux aux objectifs et aux contraintes qui ont eux aussi un processus d'évolution propre, ces éléments sont décrits dans le Plan Stratégique Industriel. Regroupant les objectifs et les contraintes imposées au système, le Plan Stratégique Industriel fournit une description du contexte du système. Entre ces deux états, le système passera par des *étapes intermédiaires*. Les *spécifications des utilisateurs* correspondent à la comparaison qui peut être faite entre les modèles des *étapes intermédiaires* et du *système existant*. Ces spécifications serviront de support aux *spécifications techniques* qui incluront des informations sur l'organisation, les ressources humaines, le système physique et le système d'informations. Le *plan d'action* détermine différentes perspectives d'évolution vis-à-vis de contraintes temporelles et financières. Pour valider chaque étape, des indicateurs de performance sont mis en place. L'approche GEM fournit un cadre général pour identifier les objectifs stratégiques, les contraintes, les leviers d'action associés et les indicateurs de performance qui auront une influence sur le système.

2.2 Prise en compte de l'acteur dans les systèmes de conception

Dans des processus de conception de plus en plus collaboratifs, les acteurs joueront un rôle central dans l'atteinte des objectifs et dans le bon déroulement de l'activité collaborative. Pour identifier les vecteurs de performance liés aux acteurs et susceptibles d'avoir une influence sur l'activité de conception, il nous faut décrire le rôle d'un acteur et les interactions internes au réseau d'acteurs au cours de l'activité collaborative de conception.

2.2.1 L'acteur dans les systèmes de conception

Dans leur modèle de la structure d'un réseau d'acteurs Håkansson et Johanson [Håkansson et Johanson, 92] associent le processus de conception à un réseau regroupant les acteurs, les activités et les ressources (Figure 15).

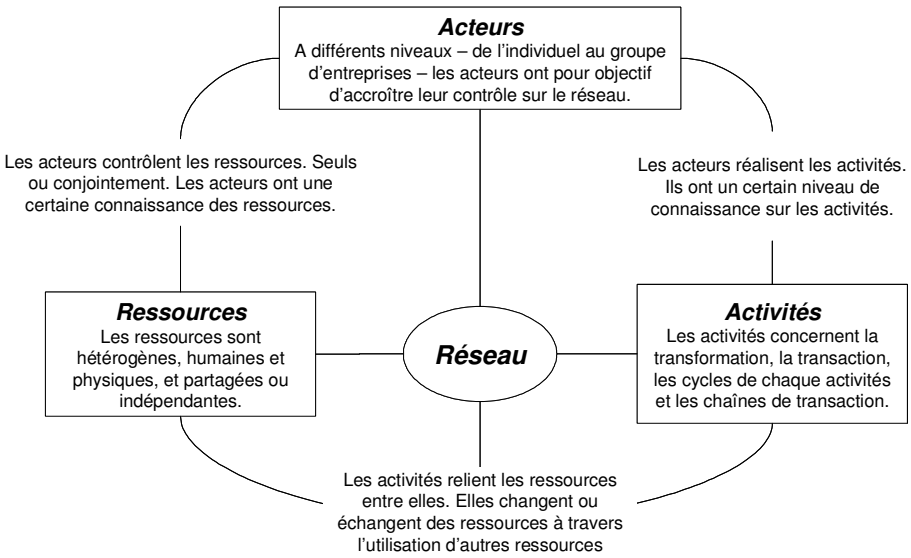


Figure 15. Structure d'un réseau d'après [Håkansson et Johanson, 92]

Ce modèle met en évidence les éléments qu'il est nécessaire de prendre en compte pour décrire un processus. Sur la base de ce modèle et dans le cadre de leurs travaux sur les relations entre les membres interconnectés d'un réseau, Håkansson et Snehota [Håkansson et Snehota, 95] ont proposé un modèle pour analyser les relations entre les acteurs. Ils décrivent trois types de liens (Figure 16): les liens entre les acteurs, les liens entre les activités et les liens entre les ressources.

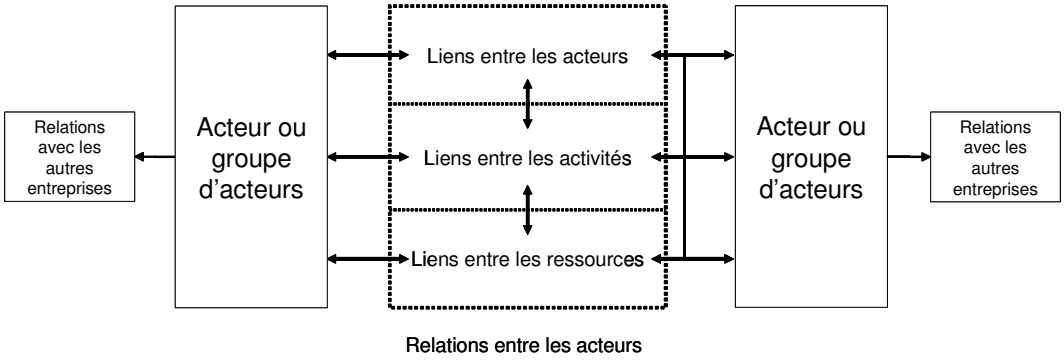


Figure 16. Modèle Acteurs - Activités - Ressources d'après [Håkansson et Snehota, 95]

Les trois niveaux horizontaux décrivent l'ensemble de la structure des relations entre les acteurs et les entreprises. Comme chaque niveau interagit et influence fortement les autres (liens verticaux), il est difficilement inimaginable que le pilotage d'un tel système puisse se faire aisément par une simple agrégation des informations [Purchase et Kriz, 00]. Les liens des activités peuvent être techniques, mais aussi administratifs, et représentent les différentes connections qu'un acteur a avec d'autres activités. Les liens sur les ressources font la liaison entre les ressources réparties dans différents services ou secteurs de l'entreprise (ou des entreprises), ressources qui seront utilisées par les acteurs pour mener à bien leur activité. Enfin, les liens entre les acteurs mettent en évidence leurs connections avec les autres acteurs, comment ils les perçoivent, fondent leurs relations et échangent des connaissances avec eux. Même si ce modèle ne permet de dresser qu'une cartographie partielle des relations qui peuvent exister dans une équipe lors du déroulement d'un processus [Darse *et al.*, 01], il fait malgré tout ressortir le caractère central de l'acteur dans la réussite de l'activité de collaboration. Il met en particulier en avant les notions de communication et d'échanges de connaissances entre les acteurs. L'intérêt des processus de communication pour le bon déroulement d'une activité collaborative de conception ont été démontré par Leckie *et al.* [Leckie *et al.*, 96], ainsi que par Anderson *et al.* [Anderson *et al.*, 01]. Yoshioka et Herman [Yoshioka et Herman, 99] venant compléter cette vision de la communication en intégrant la notion d'intentionnalité dans l'action de communiquer. Cette intentionnalité dans l'acte de communication renvoie à des caractéristiques subjectives sur les acteurs et le groupe telles que : les individualités de chaque membre, les relations qu'ils entretiennent et le style de leadership qui sera favorisé [Digman, 90] [Reilly *et al.*, 02]. C'est sous l'angle de ces différentes représentations de l'humain qu'il est alors possible de suivre l'évolution du groupe en fonction des relations que les membres entretiennent [Lurey et Raisinghani, 01] et du style de leadership qui a cours [Vroom et Jago, 78] et [Norrgen et Schaller, 99]. La définition de la

composition du groupe et en particulier la représentation que nous pouvons avoir de chaque acteur, devient un vecteur de performance important dès lors que l'on souhaite faciliter les échanges et assurer la réussite de l'activité collaborative [Kichuk et Wiesner, 97]. L'identification des vecteurs de performance liés aux acteurs nous permet de fournir un cadre pour la création, le déploiement et le suivi des activités collaboratives basé sur une gestion de ressources humaines, qui, au delà des aspects purement organisationnels et des compétences « scientifiques et techniques », tiendrait compte aussi des compétences « sociales » et « humaines » des acteurs. Nous allons nous attacher dans ce paragraphe à fournir une représentation de l'humain, fondée sur l'étude des compétences de savoir-être d'un acteur, pour définir les facteurs clés liés à l'humain dans le processus de collaboration et de transfert de connaissances.

2.2.2 Les compétences de savoir-être d'un acteur

Les recherches concernant le courant de pensée de la « conception comme un art » [Schön, 83] montrent que le processus de conception ne peut pas être appréhendé simplement par une méthodologie et que les acteurs de la conception sont comme des « *artistes* » qui appliquent différentes méthodes d'une manière flexible, dans un processus d'appréciation – action – réappréciation reflétant constamment leur propre façon de travailler [Roozenburg et Dorst, 98]. Mais, bien que les acteurs puissent être des « *artistes* », chaque acteur n'est pas forcément un bon « *artiste* ». Certains acteurs réfléchiront sur leur façon de travailler et auront un niveau de conscience élevé sur ce qu'ils pensent et sur comment ils agissent. Et au contraire, d'autres tomberont rapidement dans la routine et souffriront d'un manque de réflexion sur eux-mêmes et sur leurs actions [Stempfle, 02]. Les acteurs sont différents, perçoivent et interprètent les problèmes de conception différemment en fonction des contraintes individuelles ou du groupe et de la situation de conception [Dorst et Cross, 01]. Les compétences de savoir-être vont concerner la capacité d'un acteur à appréhender un problème de conception dans une situation donnée. Flück [Flück, 01] complète cette définition en ajoutant que la compétence d'une personne signifie « *sa capacité à mobiliser et combiner des connaissances, des savoir-faire et des comportements pour faire face à des situations professionnelles* ». Il propose un schéma générique des compétences en entreprises (Figure 17).

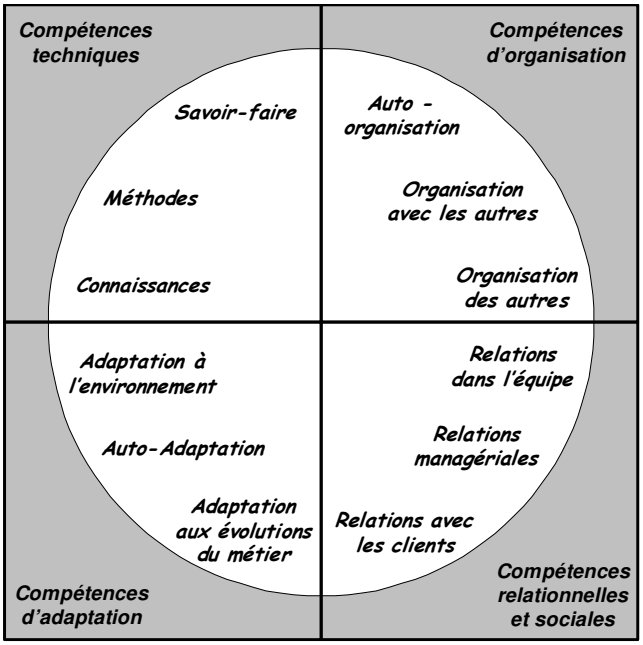


Figure 17. Les quatre champs de compétences [Flück, 01]

Ce modèle montre que les compétences d'un individu se composent d'éléments formalisables, capitalisables et transmissibles (les compétences techniques) et d'éléments subjectifs représentant son savoir-être (compétences d'organisation, d'adaptation, relationnelles et sociales). Ainsi, la description du savoir-être d'un individu définit sa façon d'aborder le monde qui l'entoure et son comportement envers les autres. Le savoir-être d'un individu est généralement décrit par le biais de deux grandes familles de compétences (Tableau 5) :

- les compétences d'apprentissage, qui correspondent à la capacité d'un individu à changer d'attitude ou de comportement, dans un contexte donné, en fonction de sa propre expérience (se sont les compétences d'adaptation décrites par Flück). L'expérience produit une variation de la connaissance acquise par un individu.
- les compétences comportementales, qui ont une influence sur l'aptitude de l'individu à transmettre son savoir, son savoir-faire, etc., et à intégrer celui du groupe. Nous retrouvons ici les compétences d'organisation, relationnelles et sociales du modèle de Flück.

Tableau 5. Description des différents types de compétences de savoir-être

	Descripteurs	***Caractéristiques des compétences***
Compétences d'apprentissage	***Styles d'apprentissage*** [Kolb et Fry, 75]	Les styles d'apprentissage sont décrits par deux formes d'acquisition (par appréhension et par compréhension) et deux modes de transformation (expérimentation active et observation réfléchie) et mettent en évidence quatre habiletés requises pour apprendre et pour résoudre un problème (assimilation, accommodation, divergence et convergence).
	Styles cognitifs [Mc Kenney et Keen, 74]	Les styles cognitifs complètent les styles d'apprentissage. Ils décrivent les différences individuelles dans la prise de décision après recueil, analyse et interprétation des informations.
Compétences comportementales	***Les traits de personnalité*** [Mc Crae et Costa, 91]	Le modèle des cinq facteurs de la personnalité décrit cinq facteurs de la personnalité (l'extraversion, la stabilité émotionnelle, la conscience, la sociabilité et l'ouverture aux expériences). La façon dont ces cinq facteurs sont structurés chez une personne semble influencer sa réaction au stress, ses intérêts professionnels, sa créativité et ses relations interpersonnelles.
	Les types de personnalité [Jung, 58] [Myers et Briggs, 89]	Les types de personnalité sont décrit par les types psychologique qui se composent d'une attitude type (extraversion ou introversion) et de fonctions psychologiques (la sensation, la pensée, le sentiment et l'intuition). L'indicateur de Myers-Briggs, construit à partir des types psychologique, emploie quatre éléments pour décrire un individu : une attitude (introvertie/extravertie), une fonction rationnelle (pensée/sentiment), une fonction irrationnelle (sensation/intuition), et un style de vie. Le concept de style de vie reflète la dominance de l'un des deux axes, rationnel (jugement) ou irrationnel (perception).
	Les compétences sociales [Levenson et Gottman, 78]	Les compétences sociales sont décrites suivant le degré d'ouverture ou de fermeture et suivant sa propension à être franc ou à dissimuler ses opinions). Ceci permet de mettre en évidence quatre types de comportement : manipulation, assertivité, agressivité, fuite.
	Le style de leadership [Tannenbaum, 73] [Vroom et Jago, 78] [Norrgen et Schaller, 99]	Le style de leadership est à mettre en rapport avec le modèle de Tannenbaum et Schmidt qui montre les relations entre le degré de liberté que le chef de projet choisi de laisser à l'équipe et le degré d'autorité qu'il utilise. Plus la liberté de l'acteur augmente plus le niveau d'autorité du chef de projet diminue. Le style de leadership peut être : autocratique, consultatif, collectif, participatif ou sans autorité.

Les compétences de savoir-être sont propres à chaque acteur et aident les décideurs à mieux appréhender l'individu dans son activité et dans son rapport aux autres. Elles sont des vecteurs de performance puisqu'elles contribuent à la réussite de l'activité collaborative de conception. Comme le processus de conception intègre de plus en plus d'expertises, réparties sur des sites et dans des services différents, il est nécessaire d'identifier tous les acteurs qui sont dans les environnements interne et externe que nous avons décrit précédemment.

Mais au delà du savoir-être de l'acteur, il va aussi falloir s'intéresser au contenu des échanges entre les acteurs. Ces échanges concernent les compétences techniques décrites par Flück qui,

de part le fait qu'elles soient formalisables, capitalisables, transmissibles et réutilisables, représentent le capital intellectuel de l'entreprise décrit en terme de savoir et savoir-faire.

2.3 Le savoir et le savoir-faire dans les systèmes de conception

Les savoirs et les savoir-faire d'une entreprise sont primordiaux puisqu'ils sont une condition sine qua non au déroulement des processus essentiels qui constituent la base des processus de l'entreprise [Grundstein, 95] et [Pachuslki *et al.*, 00]. Le Petit Robert définit le savoir comme « *un ensemble de connaissances plus ou moins systématisées, acquises par une activité mentale suivie* » et le savoir–faire comme « *l'habileté à faire réussir ce que l'on entreprend, à résoudre les problèmes pratiques, compétence, expérience dans l'exercice d'une activité artistique ou intellectuelle* » et comme « *l'ensemble des connaissances, expériences et techniques accumulées par une personne ou une société, que l'on peut mettre à la disposition d'autrui, à titre onéreux ou gratuit* ». Ces définitions mettent l'accent sur le fait que le savoir et savoir-faire sont bâtis avant tout sur un ensemble de connaissances et sont représentatifs des compétences et des expériences des hommes. Les entreprises se doivent de gérer l'ensemble des savoir et savoir-faire, « *l'enjeu réel de cette gestion, résidant en la capacité à inscrire dans la mémoire des organisations, l'ensemble des savoirs et savoir-faire afin de les faire fructifier, les capitaliser, au sens boursier du terme* » [Longueville *et al.*, 01]. Nous allons donc nous focaliser dans ce paragraphe sur les savoir et savoir-faire, représentatifs du capital technologique d'une entreprise. Nous commencerons par définir ce qu'est la connaissance, nous décrirons les connaissances en conception et nous montrerons comment elles peuvent être capitalisées.

2.3.1 Comment définir ce qu'est la connaissance ?

La description des savoirs et savoir-faire que font [Grundstein *et al.,* 96] leur permet d'identifier ces éléments comme des connaissances stratégiques et cruciales versus les connaissances purement techniques. Boboc [Boboc, 02], partant des thèses d'Hatchuel [Hatchuel, 94], fait la distinction entre les savoirs individuels et les savoirs collectifs. Malglaive [Malglaive, 90] quant à lui distingue des savoirs théoriques, procéduraux et des savoir-faire. Nous retrouvons l'ensemble de ces éléments descriptifs dans la caractérisation de la connaissance de Nonaka et Takeuchi [Nonaka & Takeuchi, 95]. Ils indiquent que la connaissance se présente sous deux formes différentes :

- la connaissance tacite : c'est la connaissance que possèdent les individus. Elle n'est pas formalisée et difficilement transmissible [Polyani, 66]. Ce sont les

compétences, les expériences, l'intuition, les secrets de métiers, les tours de mains qu'un individu a acquis et échangés lors de relations à l'intérieur et à l'extérieur de son organisation.

- la connaissance explicite : c'est la connaissance formalisée et transmissible sous forme de documents réutilisables. Ce sont les informations concernant les processus, les projets, les clients, les fournisseurs, etc. En d'autres termes, ce sont les documents qui peuvent être capturés (collectés et/ou scannés) et partagés par un système d'information.

Partant de l'hypothèse que la connaissance est créée à partir des différentes interactions possibles entre connaissances tacites et connaissances explicites, ils identifient alors quatre modes de transfert (Tableau 6).

Tableau 6. Savoirs tacites et explicites [Nonaka et Takeuchi, 95]

Vers / *Du*	*Tacite*	*Explicite*
Tacite	***Socialisation*** Par interaction forte, la connaissance tacite d'une personne peut devenir la connaissance d'autres personnes : apprentissage, imitation, intégration.	***Externalisation*** Des pratiques jugées efficaces sont explicitées dans un discours formalisé ; les difficultés dues à l'absence de concepts partagés sont partiellement surmontées par le recours aux métaphores et au raisonnement par analogie.
Explicite	***Intériorisation*** Par répétition, on enracine la connaissance explicite dans les séquences pouvant atteindre le stade du réflexe en adaptant le schéma explicite aux conditions spécifiques de l'exécution.	***Combinaison*** Par le biais d'un langage commun et de mécanismes de communication variés, les connaissances explicites de plusieurs personnes sont rapprochées, combinées pour produire, par induction et déduction de nouvelles connaissances explicites.

Cette typologie des connaissances donne une vision générique de ce que peut être la connaissance au sein d'une entreprise et nous la complèterons par les travaux de Dudézert [Dudézert, 03] qui s'est intéressée à identifier l'ensemble des différentes approches pour ce qui est de décrire et d'évaluer la connaissance d'une entreprise (Tableau 7).

Tableau 7. Dimensions de la connaissance et de l'objet à évaluer [Dudézert, 03]

Typologie de dimensions de la connaissance dans la littérature		***Typologie de l'objet connaissance à évaluer dans la littérature sur l'évaluation des connaissances***	
Alavi et Leidner, 01	***Charlot et Lancini, 02***	***Description des objets***	***Quelques auteurs***
Vue hiérarchique de la connaissance	***Vue hiérarchique de la connaissance***	***Dimension hiérarchique tournée vers l'action :*** Les connaissances sont définies par un modèle structurel ou pyramidal (données, informations, connaissances) auquel on ajoute par incrémentation une dimension de mise en œuvre dans l'organisation (compétence individuelle).	• Rowe, 95a, 95b. • Fayyad, 96. • Hofrichter, 96. • Thurber, 99. • Grover, 01.
La connaissance comme objet	***La connaissance comme objet***	***Dimension objet :*** Les connaissances à évaluer sont vues comme un stock appartenant à un ensemble plus général se gérant comme un actif.	• Petrash, 96. • Robinson, 96. • Dzinkowski, 00. • Seetharam, 02.
La connaissance comme processus	***La connaissance comme processus***	***Dimension processus :*** 1) La connaissance à évaluer se définit comme étant le processus cognitif de l'individu.	• Glazer, 98.
		2) La connaissance est à évaluer en association avec le processus organisationnel auquel elle participe.	• Ahmed, 99. • Athappily, 99. • Lim, 00. • Jae-Hyeon, 02.
La connaissance comme condition d'accès à l'information	***Vue niveaux d'analyse et d'acteurs***	***Dimension organisationnelle :*** La connaissance à évaluer est vue dans sa dimension organisationnelle comme un ensemble manipulable pour atteindre l'avantage concurrentiel.	• Lyles, 96. • Makino, 96. • McGee, 00.
La connaissance comme capacité à influencer l'action			

Ces descriptions sont bien adaptées pour identifier les connaissances globales d'une entreprise et elles doivent être spécifiées un peu plus finement dès lors que l'on se place dans le cadre de la modélisation des savoirs en conception. Nous allons donc nous attacher à décrire plus particulièrement ces savoirs.

2.3.2 Les connaissances en conception

En conception, les connaissances sont distribuées dans l'environnement dans lequel évoluent les acteurs et elles se présentent sous forme hétérogène, imprécise, incomplète [Brissaud *et al.,* 98]. Elles ne sont pas uniquement et purement techniques et concernent aussi les métiers, l'activité de conception, l'organisation du processus, les ressources assignées [Bourne, 97]. Merlo [Merlo, 99] insiste sur le fait qu'il est nécessaire de garder une trace des connaissances relatives au produit et de leur évolution tout au long du projet afin de conserver une mémoire du projet en vue de pouvoir les exploiter plus tard dans une démarche plus globale de la conception. Il propose donc, au-delà de la simple connaissance sur le produit, de tenir compte de connaissances pour la conduite. Merlo [Merlo, 03] identifie deux grands types de connaissances en conception et treize domaines d'expertise (Figure 18) :

- Les connaissances de conduite de la conception relatives à :
  - La coordination,
  - Le suivi et le diagnostic.

- Les connaissances transformées par la conception, particularisées en :
  - Connaissances relatives au produit,
  - Connaissances relatives au processus.

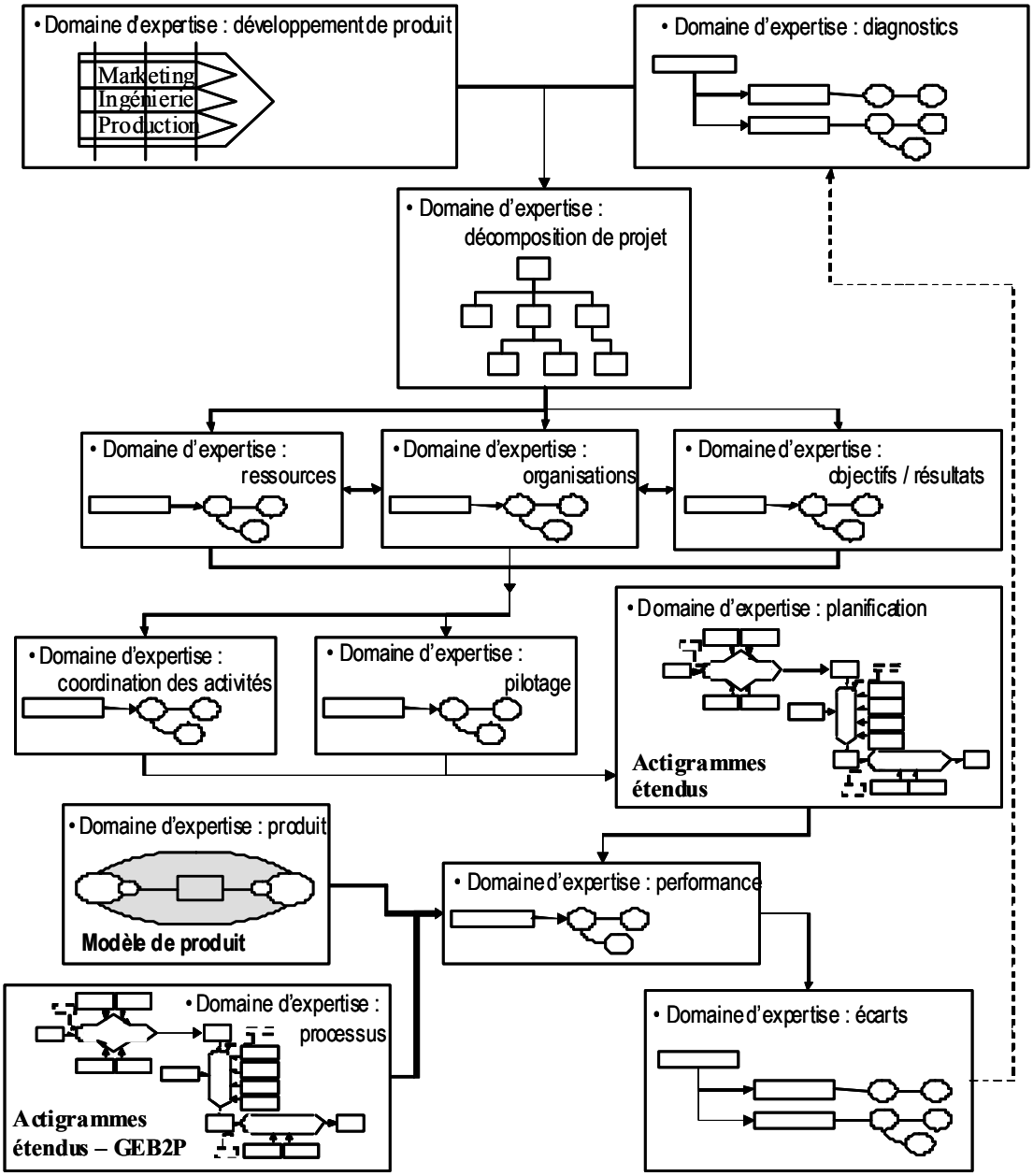


Figure 18. Les domaines de connaissance en conception [Merlo, 03]

Cette description sera pour nous une base en ce qui concerne l'étude des connaissances d'un acteur de la conception. Malgré tout, l'aspect collaboratif des activités de conception fait que nous devons aussi considérer les « connaissances collaboratives » qui vont contribuer au bon déroulement de l'activité de conception [Rose *et al.*, 02].

2.3.3 Les connaissances collaboratives et les connaissances générales

Partant des travaux de Roche [Roche, 00] et Steinheider [Steinheider, 00], Rose *et al.* [Rose *et al.*, 02] ont développé le concept de « connaissances collaboratives ». Ces connaissances s'inscrivent dans un contexte de groupe et impliquent la création de synergies et de dynamiques de collaboration entre les membres du groupe. Elles forment avec les connaissances pointues, la connaissance générale de l'acteur. La connaissance générale de l'acteur se structure donc de la façon suivante [Rose, 04] :

$$K_g(A) = K_A + \sum_{i=B}^{N} K_{i \to A} + \sum_{i=B}^{N} K_{A \to i} + K_{SE} + \xi_{syn}$$

Où :

- K_A représente les connaissances pointues de l'acteur. C'est sa propre expertise, que lui seul utilise,
- $\sum_{i=B}^{N} K_{i \to A}$ est la somme des connaissances de vulgarisations que l'acteur a acquises en collaborant avec les autres acteurs oeuvrant dans le projet de conception,
- $\sum_{i=B}^{N} K_{A \to i}$ est la somme des connaissances de vulgarisation que l'acteur a dispensé aux autres acteurs pour qu'ils comprennent son action,
- K_{SE} représente les connaissances de savoir-être inhérentes à l'acteur, au groupe et à la culture dans lesquels est menée l'activité,
- ξ_{syn} représente la connaissance de synergie nécessaire à la mise en place la vulgarisation des connaissances entre les différents acteurs.

Ainsi, pour favoriser le bon déroulement de l'activité de conception, les connaissances générales de chaque acteur devront être identifiées par le chef de projet qui aura à affecter les ressources [Grundstein *et al.,* 00]. Pour ce faire, les entreprises doivent mettre en place un système efficace d'évaluation et de capitalisation des connaissances susceptible d'assister les décideurs dans leur activité d'affectation des ressources humaines.

2.3.4 Evaluation et capitalisation des savoir et savoir-faire

Nous avons montré que les connaissances impliquées pour assurer l'activité de conception ne se limitaient pas aux seules connaissances relatives au produit ou à la description des actions des acteurs, mais qu'elles font aussi référence à l'organisation, aux méthodes, à la

coordination et aux compétences des acteurs. C'est donc l'ensemble de ces éléments qu'il faudra être capable de capitaliser et de réutiliser pour accroître la performance de l'activité de conception. La capitalisation des connaissances en entreprise consiste en une phase de repérage, puis d'acquisition des savoir et savoir-faire à l'aide de modèles, en vue de les exploiter dans un processus de décision [Zacklad 01]. Mais, comme chaque entreprise a sa propre vision de son « capital savoir » et sa propre approche de modélisation et de capitalisation de celui-ci (Earl [Earl, 01] dans sa typologie sur les programmes « Knowledge Management » mis en œuvre dans les entreprises dénombre 7 « écoles » différentes), il existe un grand nombre de méthodes de mesure et de capitalisation de la connaissance en entreprise. Pour ce qui concerne les connaissances en conception, nous pouvons citer par exemple les travaux de Gzara [Gzara, 00] et son approche par « *patterns* » qui résulte du constat que les informations capitalisées et celles utiles à la réutilisation ne coïncident pas, ce qui oblige à avoir des processus permettant de passer du premier ensemble au second. Nous citerons aussi les travaux de Merlo [Merlo, 03] sur la modélisation et la capitalisation des connaissances en conception. Il met en évidence le fait qu'il existe trois types d'approche de capitalisation : l'approche descendante, l'approche ascendante et l'approche collaborative (Tableau 8).

Tableau 8. Les différentes approches de capitalisation et outils associés [Merlo, 03]

Type d'approche	*Description des caractéristiques*	*Exemples d'outils*
Approche descendante	La structuration des connaissances s'effectue en s'appuyant sur des modèles pré-existants. Ils supportent la démarche conduisant un expert à analyser et à formaliser progressivement les connaissances en vue de constituer un système à base de connaissances.	• MKSM (Ermine *et al.*, 96). • MASK (Ermine, 01).
Approches ascendantes	Les approches ascendantes s'appuient sur des méthodes de recueil des connaissances et font appel à des outils d'interprétation permettant la modélisation à posteriori.	• KADS (Schreiber *et al.*, 88, 94). • Common KADS (De Hoog *et al.*, 93). • CoMoMAS (Glaser, 96). • ACACIA (Dieng *et al.*, 98). • Niveaux de complexité (Pun, 99)
Approche coopérative	L'approche coopérative s'appuie sur le constat que les connaissances utiles aux entreprises relèvent du collectif : la connaissance s'élabore dans l'action. Elle structure les interactions entre les individus afin de mettre en valeur les connaissances échangées et de faciliter leur réutilisation.	• SHADE (Gruber *et al.*, 92). • REX (Malvache *et al.*, 93). • IBIS (Burgess *et al.*, 90). • QOC (Mc Lean *et al.*, 96). • DIPA (Zacklad et Grundstein, 01).

Toutes ces approches apportent des réponses variées au large problème de la capitalisation et de la gestion des connaissances. Elles sont réutilisables dans le cadre de la conception mais elles doivent être combinées pour s'adapter aux différentes situations de conception qui se présentent, et ainsi être susceptibles de fournir une assistance dans chaque cas [Merlo, 03].

Sur la base de ce constat, Merlo a défini l'ensemble des connaissances opérationnelles et capitalisées en conception en vue du développement d'un environnement d'assistance regroupant des éléments issus des différentes approches de capitalisation (Tableau 9).

Tableau 9. Cartographie des connaissances en conception [Merlo, 03]

Connaissances *Niveaux*	Coordination	Suivi et diagnostic	Produit	Processus	
1- Entité simple	Objectif, Ressource, Modalité, Indicateur	Commentaire, Indicateur	Information support	Déclencheur, Ressource, Opérateur d'enchaînement, Information support	Connaissances opérationnelles
2- Entité complexe	Cadre de décision, Cadre de conception, Centre de conception	Ecart	Fonction, Entité Technologique, Entité Frontière	Activité	
3-Transformation simple	Plan de coordination	Diagnostic	Etat du modèle de produit	Processus	
4- Transformation complexe	Règle de coordination		Règle de conception		Connaissances capitalisées
5- Expertise simple	Méthode de coordination		Méthode de conception		
6- Expertise complexe	Conduite d'un système de conception				
	Acteur de la conduite		**Acteur de la conception**		

Partant de cette définition des connaissances en conception, Merlo propose alors une démarche structurée et générique de modélisation et de capitalisation et fournit un ensemble de modèles en vue de la conception d'un outil d'assistance aux acteurs qui serviront de base à nos propres développements.

2.4 Synthèse

Nous avons identifié dans ce paragraphe que les vecteurs de performance globaux du système de conception concernent les environnements interne et externe du système, les acteurs et les savoir et savoir-faire. Ces éléments de description sont généraux et sont représentatifs de l'entreprise et du contexte dans lequel elle évolue. Ainsi, le contexte du système de conception regroupe l'entreprise, le réseau d'entreprises auquel elle appartient mais aussi la société civile. Les vecteurs de performance que nous avons mis en évidence concernent la performance globale de l'entreprise, contribuent à la décrire et finalement la positionnent dans son espace d'évolution suivant trois dimensions principales (Figure 19) :

- la dimension relative au contexte au sein duquel le processus de conception va avoir lieu. Elle concerne les environnements interne et externe,

- la dimension relative aux savoir et savoir-faire,
- la dimension relative à l'acteur qui concerne les différentes activités humaines tant au niveau du processus que de l'organisation.

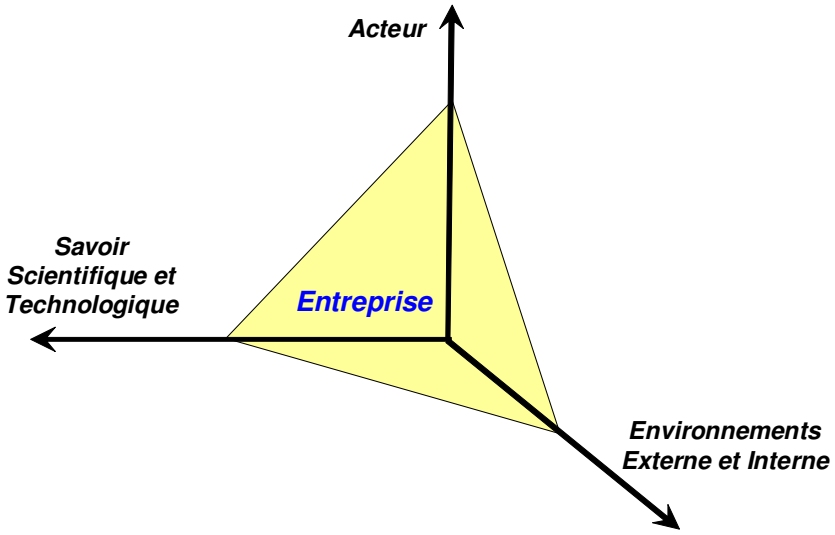


Figure 19. Les trois dimensions de description de l'entreprise

Comme le souligne Ducq [Ducq, 99], les performances locales des processus et des activités du système ont une influence sur sa performance globale. Ainsi, au delà de la performance globale de l'entreprise il va nous falloir maintenant nous intéresser aux vecteurs de performances locaux, propres au système de conception.

3 Les vecteurs de performance locaux

Nous avons montré que jusque là la performance en conception était basée sur les seuls résultats de l'activité de conception, identifiables à l'aide du modèle de produit et du modèle de processus de conception, mais qu'aujourd'hui ces résultats ne suffisent plus et que l'évaluation et l'amélioration de la performance en conception passent par la prise en compte des interactions entre le produit, le processus et l'organisation. Les modèles de produit, de processus et d'organisation sont des vecteurs de performance locaux pour le système de conception. Le modèle de produit permet la formalisation de la connaissance technologique du produit (fonction, structure, comportement, métiers, …) et offre la possibilité aux acteurs de la conception de l'enrichir, de sa définition sémantique à sa définition géométrique. La transformation de cette connaissance est représentée à l'aide du modèle de processus assurant le suivi, la traçabilité et la capitalisation de la logique de conception en vue de son exploitation (réutilisation et évolution). La modélisation des décisions de conduite dans un

modèle d'organisation permet d'envisager l'organisation et la coordination de l'ensemble des projets afin de satisfaire aux objectifs externes et internes de l'entreprise. Dans ce paragraphe, nous allons définir chacun de ces modèles et étudier leur intégration.

3.1 Le modèle de produit associé au système de conception

Les vecteurs de performance relatifs au produit sont liés à la modélisation dynamique du produit. Cette modélisation doit intégrer les aspects technologiques et la dimension de type « multi vues comportementale » tout au long du cycle de conception/industrialisation du produit pour permettre aux concepteurs de pouvoir déployer les spécifications fonctionnelles issues du besoin client en spécifications géométriques caractérisant chacune des surfaces de chaque pièce constituant le produit. Ainsi, un changement du cahier des charges doit entraîner la séquence de modifications associées et une impossibilité ou une contrainte technologique doit pouvoir être prise en compte dans les spécifications du produit. Le modèle produit est un vecteur de performance pour le système de conception dans le sens où il :

- favorise la collaboration entre les acteurs et l'intervention d'experts de métiers différents par l'intermédiaire d'une représentation multi-vues,
- renseigne sur l'état du produit durant les différentes étapes du projet de conception en s'appuyant sur une formalisation suffisamment large,
- facilite le travail des acteurs en étant assez flexible pour ne pas les enfermer dans une démarche rigide.

Nous avons montré dans le cadre du projet IPPOP[1] [IPPOP, 03] que les modèles de produit actuels ne répondent pas à de tels critères. Ils ne font pas apparaître un lien direct entre la description par entités du produit (à caractère géométrique) et les descriptions fonctionnelles, structurelles, technologiques et comportementales élaborées par les concepteurs à partir d'un cahier des charges. De plus, la traçabilité du modèle produit et la capitalisation des connaissances ne sont pas abordées. Nous avons donc développé dans le projet IPPOP un modèle à la fois plus générique et conçu spécifiquement pour gérer l'évolution de la connaissance produit. Notre problématique n'étant pas centrée sur le modèle produit, nous nous contenterons d'intégrer le modèle proposé dans le projet IPPOP au sein de nos travaux.

[1] Le projet IPPOP ("Intégration Produit Processus et Organisation pour l'amélioration de la Performance en conception") est soutenu par le gouvernement français par le biais des programmes du RNTL (Réseau National des Technologies Logicielles). Site internet IPPOP : http://ippop.laps.u-bordeaux1.fr/index.php

3.2 Le modèle de processus associé au système de conception

Labrousse [Labrousse, 04] mais aussi Nowak *et al.* [Nowak *et al.*, 04], dans le cadre du projet IPPOP [IPPOP, 03], ont montré qu'il existait de nombreux outils de modélisation du processus de conception (Annexe 3 et Annexe 4) et que ces approches, autrefois principalement centrées sur les produits, considèrent désormais de plus en plus leurs cycles de vie. Les besoins de représentation sont donc passés d'un mode statique (représentations des produits résultants) à un mode dynamique (évolution des représentations au cours du cycle de vie et conservation des objets intermédiaires de conception) [Labrousse, 04]. Ainsi, les modèles relatifs au produit et au processus tendent à être maintenant de plus en plus souvent intégrés. Le modèle de conception de Blessing [Blessing, 94] est un exemple de l'intégration qui peut être faite des modèles. Blessing associe un modèle de processus, un modèle de produit et des techniques de capitalisation des connaissances en vue de structurer le cycle de développement du produit (le processus estimé) en un ensemble structuré de problèmes à résoudre et d'activités par l'intermédiaire de la « *Design Structure Matrix* (DSM) ». La DSM permet de garder la trace du cheminement parcouru à un niveau macro. Ce système aide les concepteurs et le chef de projet à progresser dans les étapes de la conception en leur indiquant les étapes à suivre. Cette assistance se limite à des situations de conception maîtrisées, qui n'admettent pas ou peu de divergence dans le cheminement du projet. Nous pouvons aussi citer l'approche multi-modèles pour la capitalisation des connaissances de Harani [Harani, 97] ou le modèle d'Eynard [Eynard 99] qui a été conçu pour assurer la traçabilité en vue de la conduite de la conception. En permettant la structuration du cycle de développement des produits, la capitalisation et la réutilisation des connaissances le modèle intégré produit - processus est un vecteur de performance clé pour le système de conception. Mais tous ces outils et méthodes permettent rarement une approche globale de modélisation des systèmes intégrant ces deux types de modèles [Bordegoni *et al.*, 04]. Dans leurs travaux sur la modélisation de l'ensemble « produit – processus – ressources – éléments externes », Labrousse [Labrousse, 04] et Nowak *et al.* [Nowak *et al.*, 04] arrivent à la conclusion que modéliser ces éléments en tant qu'ensemble cohérent demeure problématique. Ainsi, plutôt que de modéliser chacun des éléments séparément pour ensuite intégrer les modèles, ils ont proposé des modèles uniques par le biais du formalisme UML [OMG, 03] (Annexe 5 et Annexe 6). Ces deux modèles sont relativement complets et structurés, et montrent toute la complexité de la description et de l'intégration des modèles produit – processus dans un

modèle global cohérent. Ils serviront de base pour le développement de notre propre modèle intégré produit – processus que nous présenterons dans le chapitre suivant.

3.3 Le modèle d'organisation associé au système de conception

Nous avons vu dans le premier chapitre que le modèle GRAI R&D identifie les éléments globaux et locaux du système de conception et offre la possibilité de discerner les différentes situations de conception et permet ainsi la conduite du système de conception. Ce modèle d'organisation est adapté pour décrire le cadre général de la prise de décision mais la décomposition en centres est une vue macroscopique du système et n'offre pas une description précise de l'activité de conception telle que nous avons pu la définir. Nous avons montré que cette activité est de plus en plus collaborative. Ainsi, le modèle d'organisation est un vecteur de performance pour le système de conception si il permet de décrire l'activité de collaboration en vue d'identifier les objectifs de l'activité et les leviers d'action et les indicateurs associés qui permettront de suivre son évolution et de l'influencer. Pour identifier ces éléments, nous proposons de définir une ontologie des situations de collaboration qui permettra de décrire l'activité de collaboration entre les acteurs.

Pour Lang *et al.* [Lang *et al.*, 02] le chef de projet doit prendre en considération, lors de la création d'un groupe de travail pour mener à bien une activité collaborative, les aspects suivants :

- l'engagement et la propriété intellectuelle de chacun,
- le partage d'espaces de conception,
- les stimulants organisationnels (esprit d'équipe, degrés de coopération, réputation),
- le rôle et les responsabilités de chaque membre.

Et que c'est la combinaison de ces éléments qui, en terme de gestion du groupe de travail, favorisera la collaboration dans le groupe au cours du processus de conception. Mais ces éléments décrivent un contexte général de collaboration et ne prennent pas en compte clairement les aspects liés aux relations entre les membres du groupe. Ainsi, bien que les membres du groupe doivent être sélectionnés par le chef de projet de telle sorte que les aspects précédents soient renforcés positivement, leur définition n'est pas assez précise pour pouvoir influencer fortement la collaboration entre les acteurs. Ces aspects permettent simplement de stimuler les acteurs dans le but de faire que la collaboration se passe bien. Ils doivent être complétés par une analyse des activités et du cheminement de pensée qui ont conduit à l'atteinte des objectifs ; elle participe à la description du processus collaboratif au sein du groupe [Kavakli et Gero, 02]. Cette analyse se basera sur la prise en compte des

savoirs-être de chaque acteur que nous avons déjà identifiés précédemment. Pour faciliter la mise en évidence des savoirs-être nous proposons un cadre de description des différentes formes de collaboration correspondant à un contexte bien précis [Girard *et al.*, 03]. Cette ontologie des situations de collaboration s'articule suivant trois points de vue : la définition du processus, la liberté de collaborer et l'expérience collaborative (Figure 20).

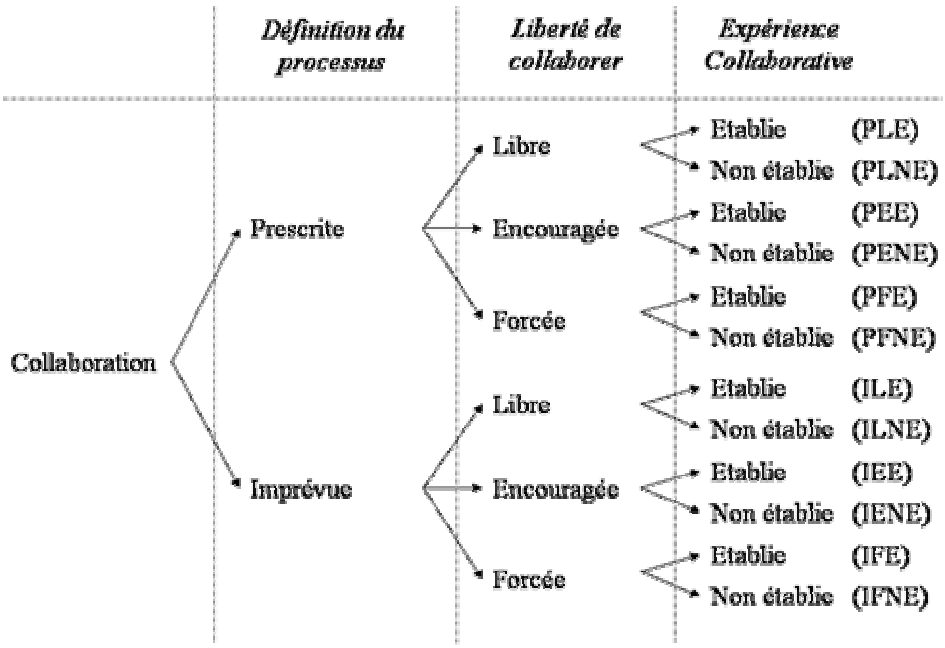


Figure 20. Ontologie des situations de collaboration [Girard et al., 03]

L'identification de la situation de collaboration permet de capitaliser des informations particulières sur le réseau d'acteurs et les connaissances qui y sont échangées [Robin *et al.*, 04a] pour ainsi :

- compléter les différentes matrices établies pour définir la disponibilité, les responsabilités et les compétences des différents acteurs,
- apprendre un peu plus sur l'expérience collaborative de chaque acteur et sur le réseau d'acteurs,
- créer, lors de projets futurs, des équipes de plus en plus performantes dans un contexte de conception donné, avec un type de collaboration adapté.

Cette ontologie offre la possibilité au chef de projet d'agir sur la performance du système soit en proposant une situation particulière pour répondre à un problème donné, soit en identifiant les caractéristiques d'une situation collaborative qui peut apparaître au cours du processus. Des exemples de l'intérêt de ces différents types de collaboration dans le cadre d'un projet de conception sont donnés Tableau 10 et Tableau 11.

Tableau 10. Exemples de l'intérêt des différents types de collaboration dans un projet

	Collaboration Imprévue	
	Collaboration Etablie	***Collaboration Non Etablie***
Collaboration Libre	Intérêt : Mettre en évidence les réseaux de collaboration internes et externes de chaque acteur de la conception.	Intérêts : • Evaluer l'autonomie et la capacité d'ouverture d'un acteur dans un groupe • Créer de nouvelles relations avec de nouveaux interlocuteurs.
Collaboration Encouragée	Intérêt : Favoriser l'émergence des groupes de travail et affiner les informations sur les réseaux de collaboration.	Intérêt : Favoriser l'émergence de groupes de travail avec des interlocuteurs jusque là non impliqués dans les projets, pour répondre à un problème identifié.
Collaboration Forcée	Intérêt : Mettre en place un groupe d'acteurs qui a déjà donné entière satisfaction dans la résolution d'un problème identique ou dans une situation similaire.	Intérêt : Eprouver la composition d'un nouveau groupe de travail et juger de l'évolution de chaque acteur en son sein.

Tableau 11. Exemples de l'intérêt des différents types de collaboration dans un projet

	Collaboration Prescrite	
	Collaboration Etablie	***Collaboration Non Etablie***
Collaboration Libre	Intérêt : Créer des groupes de travail relativement homogènes pour le déroulement d'un processus de conception non clairement défini.	Intérêt : Favoriser la recherche autonome, par l'acteur, d'interlocuteurs dès le départ d'un projet pour lequel le processus de conception n'est pas clairement défini.
Collaboration Encouragée	Intérêt : Favoriser l'émergence d'un groupe de travail, affiner les informations sur celui-ci et sur le processus de conception (le processus est ici en cours de formalisation).	Intérêt : Créer, dès le démarrage du projet, des relations avec des interlocuteurs qui n'étaient jusque là pas impliqué dans les projets.
Collaboration Forcée	Intérêt : Mettre en place un groupe d'acteurs qui a déjà donné satisfaction lors d'un projet précédent (le processus de conception est formalisé).	Intérêt : Regrouper des acteurs n'ayant jamais collaborer, dès le démarrage d'un projet commun pour juger de leur capacité à collaborer et des futures opportunités de partenariats.

Ainsi, chaque situation va influencer de façon différente les actions et les décisions des acteurs de la conception. Ces influences sont des vecteurs de performance et participent à la construction du processus et aident à son pilotage en tant qu'inducteurs d'action. Ainsi, le modèle d'organisation est à rapprocher du modèle de produit – processus. Dans le chapitre suivant, nous proposerons un modèle produit – processus – organisation intégré.

3.4 Synthèse

Nous avons montré dans ce paragraphe que les vecteurs de performance locaux du système de conception étaient relatifs aux modèles de produit, de processus et d'organisation. Ces éléments décrivent le système de conception mais aussi tous les projets qui ont lieu au sein du

système puisque chaque projet aura sa propre évolution représentée par la combinaison des trois modèles.

L'ensemble des vecteurs de performance aide à la modélisation du système de conception et servira de base pour le développement d'un système de mesure de performance puisqu'il facilitera l'identification des objectifs, des leviers d'action et des indicateurs de performance associés. Nous présenterons les différents systèmes d'évaluation des systèmes dans le paragraphe suivant.

4 Evaluation de la performance des systèmes de conception

Pour permettre l'organisation des projets il est nécessaire de mettre en place un système d'évaluation de la performance du système. Comme nous l'avons montré sur le modèle du concept de mesure de performance appliqué à la conception (Figure 7), cette mesure se base sur une modélisation du système à conduire et de son contexte, ainsi que sur un ensemble d'outils permettant son évaluation. Cette évaluation, au regard de la situation et du contexte de conception obtenus par le biais d'indicateurs de performance, de variables de décision, de contraintes et de leviers d'action, permet au décideur de faire évoluer (ou non) le système en agissant de telle sorte que ce dernier puisse atteindre ses objectifs.

4.1 Les systèmes de mesure de la performance existants

Les premiers cadres méthodologiques pour définir la performance de l'entreprise et pour identifier les indicateurs de performance associés apparaissent au début des années 90 [Maskell, 91] et [Wisner, 91]. Ces cadres vont alors donner lieu à une multitude d'approches différentes. Nous pouvons citer par exemple, le système ProMES [Pritchard, 90], ECOGRAI [Bitton, 90] [Doumeingts *et al.*, 98], Balanced Scorecard [Kaplan et Norton, 93, 96], les compléments sur la pyramide de la performance [Lynch et Cross, 95], la « Goal / Question / Metric approach » de Park et al. [Park et al., 96], le « Performance Prism » de Neely [Neely, 97] ou les approches floues [Berrah, 97, 00] et multicritères [Roy, 93] [Ducq, 99] ou la « Performance Measurement system Systematic Approach » de Kerseens-van Drongelen [Kerseens-van Drongelen, 99]. La majeure partie de ces systèmes est orientée vers la compréhension globale de l'organisation de l'entreprise et du déploiement général de la stratégie au sein de la structure (*Balanced Scorecard* [Kaplan et Norton, 93, 96] ou le *Baldrige Quality Award* [Wisner, 91] par exemple) et n'est donc pas spécifiquement dédiée à l'évaluation du système de conception. La stratégie, les objectifs et les indicateurs associés

sont souvent identifiés par rapport à des facteurs de performances génériques, considérés de façon isolée pour chaque activité et les interactions entre celles-ci ne sont pas prises en compte. La *Performance Pyramid approach* [Judson, 90], l'*Integrated Performance Measurement Framework* [Nanni, *et al.*, 92], l'*ENAPS Performance Measurement Cube* [Bradley et Jordan, 96] ou le modèle de Perez *et al.* [Perez *et al.*, 03] reconnaissent la nécessité de décomposer la stratégie et les objectifs à travers toute la structure organisationnelle et de mettre en évidence la présence d'interactions entre les activités et leur nécessaire pilotage pour atteindre les objectifs de conception mais n'explicitent pas la nature de celles-ci ce qui réduit fortement leur capacité de les piloter. Ce haut degré d'abstraction ne permet pas de juger de l'efficience, de l'efficacité et de la coordination des activités du processus de conception. Dans tous les cas, les seules méthodes existantes de définition d'indicateurs de performance ne sont appliquées qu'aux seuls domaines de la production ou de la gestion des organisations. L'applicabilité de telles méthodes au processus de conception reste à démontrer. En effet, les recherches actuelles concernant les systèmes de mesure de la performance pour la conception ne proposent pas une méthode explicite pour aider les concepteurs dans l'identification des indicateurs de performance et dans leur prise de décision [Whitfield *et al.*, 00], [Coates *et al.*, 00]. Et les outils mis à leur disposition n'offrent pas une aide suffisante en cas de conflit [Conroy *et al.*, 97] dans un environnement incertain et évolutif. La méthode et les outils d'aide à la conception et à la mise en place d'un système de mesure de performance doit donc s'appuyer sur une modélisation du système à piloter en vue de décomposer la stratégie et les objectifs à travers toute la structure organisationnelle, ainsi que de mettre en évidence et de piloter les interactions entre les activités pour atteindre les objectifs de conception. Les systèmes de mesure que nous avons décrits n'offrent pas la possibilité de modéliser correctement le système de conception et de lui associer un système d'indicateurs de performance. Notre approche consiste à modéliser le système de conception avec la méthode GRAI Ingénierie puis d'associer la démarche ECOGRAI pour définir un système d'indicateurs de performance.

4.2 La méthode ECOGRAI pour l'évaluation des systèmes

ECOGRAI est une méthode pour concevoir et implanter les Systèmes d'Indicateurs de Performance (SIP) pour les entreprises industrielles ou de services. Elle a été développée dans le cadre de la modélisation GRAI suite au constat de Kaplan sur l'absence de méthode pour mettre en pratique les concepts de l'approche ABC. Cette méthode est mise en oeuvre en impliquant les décideurs. Il existe deux étapes principales dans cette méthode: la conception

et l'implantation. Le résultat de la phase de conception est un ensemble cohérent de fiches de spécifications décrivant chaque Indicateur de Performance (indicateur, acteurs concernés, informations et traitements nécessaires...). Cette méthode a pour objectif de :

- faciliter la mise en jour des indicateurs. Activité généralement difficile de part le grand nombre d'indicateurs implantés,
- augmenter l'efficacité de indicateurs de performance en les connectant directement avec les moyens d'actions sur lesquels les décideurs peuvent agir pour atteindre les objectifs fixés,
- créer une cohérence entre les indicateurs en élaborant une méthodologie permettant la création des indicateurs et la vérification de leur cohérence.

La méthode ECOGRAI comprend six phases qui permettent de guider la conception et l'implantation d'un SIP de façon efficace et rapide (Figure 21). Elle peut s'appliquer sur l'ensemble des fonctions de l'entreprise, à un département ou bien à une seule fonction.

Phase 0 - Modélisation de la structure de pilotage et identification des Centres de Décision.

La méthode ECOGRAI utilise les outils de la méthode GRAI (grilles et réseaux) pour modéliser la structure de pilotage de l'entreprise.

Phase 1 - Identification des objectifs des Centres de Décision (CD) et analyse de cohérence

La finalité de cette phase est d'identifier les objectifs des Centres de Décision. Pour cela, nous suivons une approche "descendante" en distinguant trois sous-phases: la première consiste à identifier les objectifs globaux assignés au système, la seconde les objectifs globaux de chaque fonction de l'axe de production et la troisième les objectifs au niveau des Centres de Décision. Dans un souci de cohérence, ces étapes de décomposition sont supportées par des outils graphiques (diagrammes de décomposition) pour s'assurer que chaque objectif identifié dans une sous-phase contribue à l'atteinte des objectifs identifiés dans les sous-phases précédentes.

Phase 2 - Identification des Variables de Décision (VD) des CD et analyse des conflits.

Si la connaissance des objectifs des Centres de Décision est nécessaire pour la détermination d'IP pertinents, elle n'est pas suffisante. Il faut identifier les variables de décision (VD) associées à chaque objectif. Ce sont les moyens d'action utilisés par les décideurs pour atteindre les objectifs. La prise en compte des VD permet de relier réellement les moyens d'action des décideurs avec les objectifs à atteindre. Ce nombre de moyens étant limité, on limitera par ce biais le nombre d'Indicateurs de Performance. L'identification des VD est validée par une étude de cohérence en évaluant les influences et les relations entre les VD des Centres de Décision.

Phase 3 - Identification des IP des CD et analyse de cohérence interne.

Phase 3.1 : Identification des Indicateurs de Performance des CD

Les IP sont déterminés durant cette phase. Cette détermination s'appuie sur une base de données d'Indicateurs de Performance, sur la connaissance des utilisateurs et sur l'analyse de cohérence interne du CD.

Phase 3.2 - Analyse de cohérence interne

Cette analyse consiste à vérifier la cohérence interne dans les CD, en terme de triplet [Objectif, Variables de Décision, Indicateurs de Performance].

Phase 4 - Conception du Système d'Information des IP.

Cette phase consiste à identifier les informations de base et les traitements nécessaires aux indicateurs de performance. Pour chaque indicateur, on édite une fiche de spécifications.

Phase 5 - Implantation du SIP dans le système d'information du système de Production.

Cette dernière phase consiste à implanter le SIP en se basant sur les fiches de spécifications dans le système d'information de l'entreprise. Nous utilisons pour cela les fonctionnalités des outils informatiques de type EIS (Executive Information System). Ils permettent de dialoguer avec les bases de données existantes et donc d'extraire les informations nécessaires aux indicateurs, de réaliser des traitements et d'éditer les résultats sous diverses formes (rapports, courbes...).

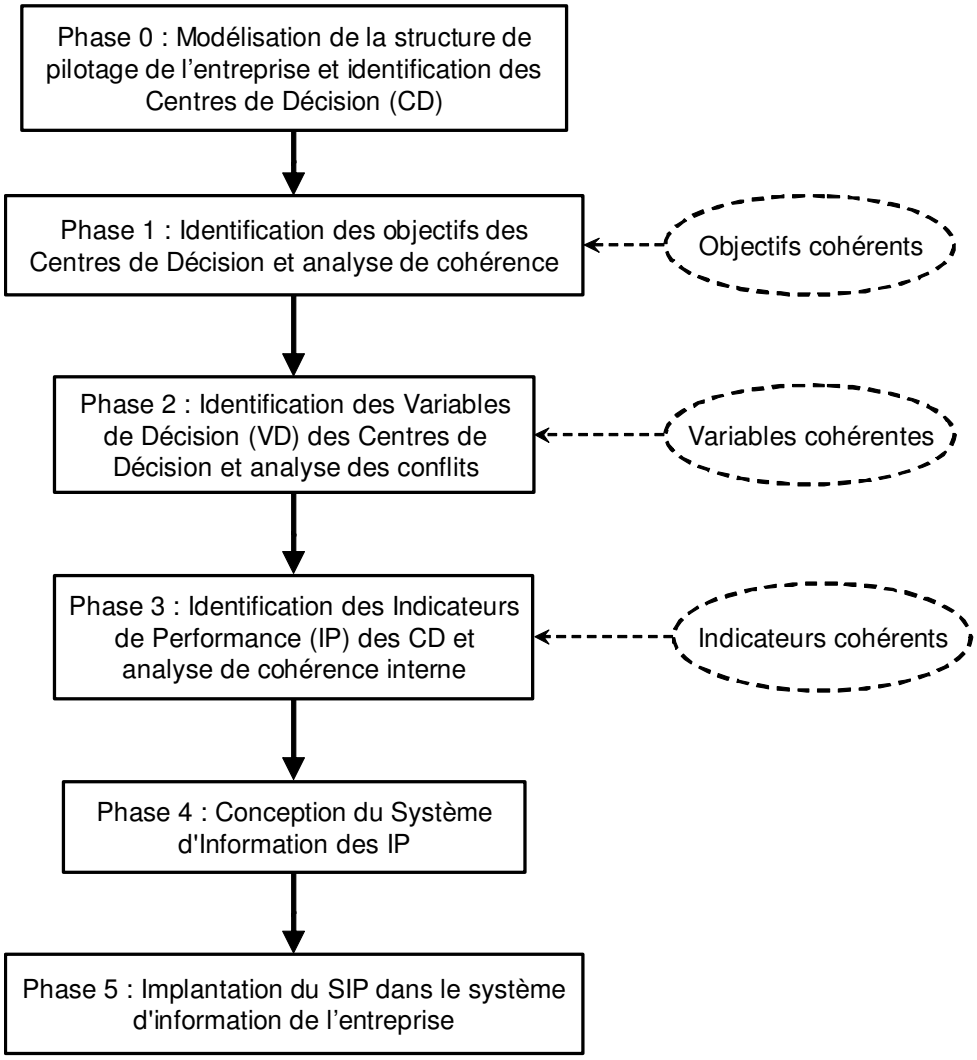


Figure 21. Les six phases de la démarche ECOGRAI

S'appuyant sur la méthode ECOGRAI, Ducq [Ducq, 99] propose une typologie exhaustive des objectifs possibles en production, s'articulant sur la définition des domaines de performance associés à la réalisation d'objectifs particuliers. Les variations induites par les décisions prises sur les niveaux de performance, sont quantifiées sur des échelles de valeurs particulières. La définition des échelles de valeurs, leur quantification, et l'interprétation des résultats reposent sur les principes mathématiques de l'analyse multicritères. Globalement, les principes sont les mêmes que pour l'approche floue. Il s'agit avant tout de spécifier l'objectif global à atteindre, les objectifs à atteindre localement pour réaliser l'objectif global, et par suite de spécifier les indicateurs de performance (flous ou multicritères) les mieux à mêmes de mesurer l'atteinte de la performance globale. Dans ce schéma, l'indicateur de performance est défini par rapport à l'objectif et évolue en fonction des actions exercées sur les variables de décision. Dans cette démarche, les indicateurs sont identifiés de façon empirique sur la

base de l'expérience des acteurs qui conçoivent et mettent en place le système d'indicateurs de performance.

5 Conclusion

Ce chapitre a mis en évidence la nécessité d'identifier des vecteurs de performance globaux et locaux et ce pour chaque niveau décisionnel. Les vecteurs de performance globaux sont propres à l'entreprise et relatifs aux environnements, aux acteurs et aux savoir et savoir-faire. Ils définissent la performance globale de l'entreprise, contribuent à la décrire et finalement la positionnent dans son espace d'évolution suivant trois dimensions principales (Figure 19) :

- la dimension relative au contexte au sein duquel le processus de conception va avoir lieu. Elle concerne les environnements interne et externe,
- la dimension relative aux savoir et savoir-faire,
- la dimension relative à l'acteur qui concerne les différentes activités humaines tant au niveau du processus que de l'organisation.

Les vecteurs de performance locaux, propres au système de conception, concernent le produit, le processus et l'organisation. Ils représentent la performance du système de conception. La performance en conception est donc dépendante de vecteurs de performance globaux et de vecteurs locaux qui positionnent l'entreprise et le système de conception dans l'espace dans lequel ils évoluent (Figure 22).

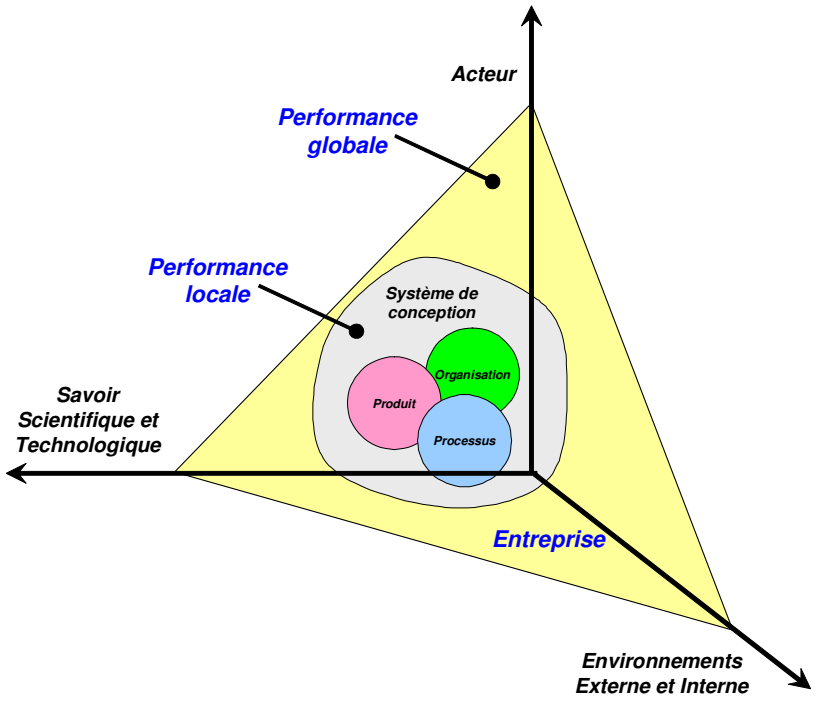


Figure 22. Les vecteurs de performance du système de conception

Pour mettre en évidence et tenir compte des influences de ces vecteurs de performance sur l'entreprise et le système de conception, nous avons montré que plusieurs méthodes et outils devaient être mis en œuvre. Les méthodes GIM et GRAI Ingénierie permettent de modéliser le système suivant plusieurs vues, ce qui permet alors de tenir compte des différents facteurs d'influence. Les travaux de Blanc et le modèle GRAI R&D confèrent une dimension supplémentaire à la modélisation du système puisqu'ils permettent le suivi de son évolution en vue de sa conduite et du pilotage des processus. Les travaux de Blanc apportent une vision stratégique de l'évolution d'entreprise et de son contexte, et aident les décideurs à conduire le système de conception à un niveau décisionnel stratégique. Le modèle GRAI R&D en permettant la prise de décision à un niveau tactique et opérationnel contribue au pilotage du processus de conception. Ces éléments de modélisation sont associés à un système de mesure de performance pour juger de leurs effets au cours de l'évolution du système, conçu à l'aide de la démarche ECOGRAI.

Nous avons montré dans ce chapitre qu'il n'existe pas d'approche permettant de coordonner les ressources, de comprendre et piloter le contexte de la conception et les facteurs influents sur le système de conception, pour atteindre les objectifs. Dans le chapitre suivant nous allons développer un modèle d'évaluation du système de conception tenant compte de l'ensemble des vecteurs de performance globaux et locaux influant le système de conception. Ce modèle servira de base à la création d'un système de mesure de la performance pour l'évaluation et le suivi de l'évolution du système de conception.

Chapitre 3

Méthode d'évaluation de la performance des systèmes de conception

1 Introduction

La conduite du système de conception consiste à décider pour définir et lancer l'exécution d'actions dans le but d'atteindre les objectifs fixés par l'entreprise. Pour ce faire, les acteurs de la conception, quel que soit le niveau décisionnel auquel ils appartiennent, doivent avoir à leur disposition un ensemble cohérent et contextualisé d'informations venant cadrer leur activité et favoriser le déroulement de celle-ci. Ce cadre regroupe les objectifs de conception ou de performance, les variables (les leviers d'action), les critères et les contraintes de la prise de décision, les indicateurs de performance et des informations sur les ressources. La définition de ce cadre n'est possible que si le système est modélisé, si sa dynamique est décrite et si les vecteurs de performance sont identifiés. La dynamique d'évolution de ce cadre ne peut être prise en compte que si les performances du système sont évaluées, évaluation qui nécessite de disposer d'outils d'évaluation cohérents et pertinents. Cette évaluation permet de fournir les éléments nécessaires à la prise de décision. Nous proposons dans ce chapitre une méthodologie d'évaluation regroupant un modèle d'évaluation et le système d'indicateurs associé pour faciliter la prise de décision en conception.

Dans la première partie du chapitre, nous définirons un modèle d'évaluation des systèmes de conception et nous montrerons comment ce modèle met en évidence les vecteurs de performance globaux et locaux des systèmes de conception que nous avons identifiés au chapitre précédent. Les vecteurs globaux positionnent l'entreprise selon trois dimensions qui concernent le contexte du système de conception, les acteurs du système et les savoir et savoir-faire, et qui décrivent l'espace au sein duquel l'entreprise évolue. Les vecteurs locaux décrivent le système de conception et sont relatifs au produit qui est conçu dans le système de conception, au processus qui conduit à la définition du produit et à l'organisation mise en place pour assurer l'atteinte des objectifs.

Lors de sa prise de décision, le décideur doit tenir compte des vecteurs de performance globaux et locaux mais aussi de leur influence sur le système. Pour ce faire, il doit être en mesure d'identifier l'effet des actions qu'il mène en vue d'influer sur le système et d'en

évaluer la portée. La seconde partie présente donc une méthodologie pour la modélisation et le suivi de l'évolution de l'entreprise et du système de conception en vue de l'évaluation de leur performance. Nous montrerons comment le modèle d'évaluation de la performance des systèmes de conception que nous proposons s'insère dans cette méthodologie, que cela soit au niveau de la phase de modélisation de l'entreprise ou lors de la phase de description du système de conception. La méthodologie se base sur les méthodes et outils développés dans le cadre de la méthodologie GRAI. Ainsi, nous modéliserons l'entreprise à l'aide de la méthode GIM et nous étudierons sont évolution avec l'approche GEM. Le système de conception sera quant à lui décrit par l'intermédiaire de la méthode GRAI Ingénierie et son suivi sera effectif par le biais du modèle GRAI R&D étendue à la problématique spécifique du pilotage des activités collaboratives de conception par le concept d'environnement de conception. Nous associerons des indicateurs à chacune des phases de la méthodologie grâce à la démarche ECOGRAI.

2 Définition d'un modèle d'évaluation des systèmes de conception

Comme le système de conception est soumis à l'influence de vecteurs de performance à la fois globaux et locaux, il possède une double dynamique d'évolution. Il est positionné dans l'espace « environnement – savoir – acteur » et suit par la même l'évolution de l'entreprise et est donc soumis aux influences du contexte de l'entreprise. L'entreprise peut être vue comme un système au sein duquel nous allons retrouver d'autres systèmes. Ces systèmes sont en interactions les uns avec les autres. Les entreprises sont de plus en plus regroupées au sein de réseaux d'entreprises. Ainsi, les systèmes d'une entreprise sont aussi influencés par les autres entreprises du réseau d'entreprises. Enfin, le réseau interagit avec d'autres réseaux et avec la société civile (Figure 23). Mais, le système de conception possède aussi sa propre dynamique créée par les activités de conception qui contribuent à l'évolution conjointe des modèles produit, processus et organisation.

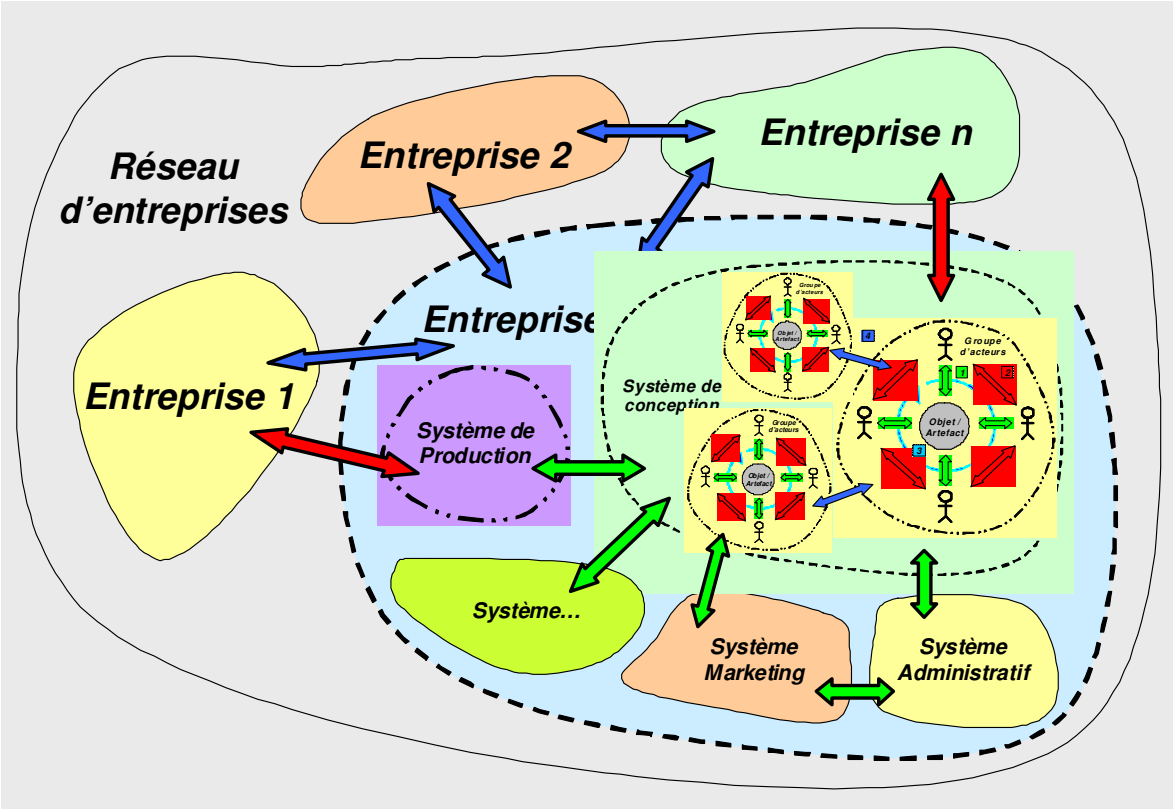


Figure 23. Mise en évidence des interactions entre les systèmes

Le système de conception doit être vu comme un système au sens de Le Moigne [Le Moigne, 90][2]. Le système de conception forme un tout unique, cohérent et indissociable, tout changement sur l'un de ses éléments influence tous les autres par le jeu d'interactions structurelles, fonctionnelles, décisionnelles, etc. propres à chaque système. Le modèle d'évaluation de la performance du système de conception doit faire ressortir les éléments du système et leurs interactions dans une vision structurée et hiérarchisée.

2.1 Modèle d'évaluation de la performance globale de l'entreprise

Nous avons identifié dans le chapitre précédent que les vecteurs de performance globaux du système de conception concernent l'entreprise et sont relatifs au contexte (environnements interne et externe), à l'acteur, et au savoir et savoir-faire. Ces vecteurs positionnent l'entreprise suivant trois dimensions principales :

- la dimension relative au contexte au sein duquel le processus de conception va avoir lieu. Elle concerne les environnements interne et externe,

[2] C'est à dire « comme un ensemble d'entités en interaction, qui échangent entre elles et avec l'environnement, entités qui peuvent à leur tour être détaillées, apportant ainsi une vision du système en sous-systèmes hiérarchisés en niveaux »

- la dimension relative aux savoir et savoir-faire,
- la dimension relative à l'acteur qui concerne les différentes activités humaines tant au niveau du processus que de l'organisation.

2.1.1 La dimension des environnements

Nous avons montré dans le chapitre précédent que la modélisation et le suivi de l'évolution des environnements que nous avions qualifiés d'interne et d'externe avaient une influence sur la capacité à contrôler la performance du système de conception. Ces environnements sont une des composantes de la modélisation du contexte du système et apporteront une vision particulière de ce système, sur la dimension que nous nommerons la « *dimension des environnements* ».

L'environnement externe est une vision globale de l'entreprise et du « monde » dans lequel elle va évoluer. La modélisation de cet environnement permet d'identifier :

- la société civile et ses influences sur l'entreprise. L'objectif est ici de pouvoir juger de l'impact d'un changement sociétal, d'une loi, d'une norme, etc. sur l'entreprise et de faire de telle sorte qu'elle soit réactive, voire même qu'elle anticipe ce changement,
- les rivaux de l'entreprise et son ou ses marchés. Ces éléments mettent en évidence les contraintes et les objectifs stratégiques de l'entreprise propres à son activité,
- le réseau d'entreprises dans lequel elle s'insère et qui regroupe ses partenaires, ses co-traitants, ses sous-traitants et les relations contractuelles qu'elle entretient. Les entreprises sont de plus en plus interdépendantes et la qualité du « réseau » d'entreprises et la qualité des échanges au sein de ce réseau ont une grande importance dans l'atteinte des objectifs et l'amélioration de la performance des systèmes.

Ces éléments positionnent l'entreprise dans un contexte global et mettent en évidence les facteurs contraignants auxquels sera soumise l'entreprise et qui feront qu'elle prendra telle ou telle orientation stratégique et qu'elle pourra ou non satisfaire aux objectifs de performance associés.

L'environnement interne décrit les systèmes propres à l'entreprise, ce qui permet de définir sa structure fonctionnelle, sa structure décisionnelle et son organisation. Nous avons vu que nous utiliserons la méthode GIM et les outils associés pour décrire les systèmes de l'entreprise et en particulier la méthodologie GRAI Ingénierie pour ce qui est de modéliser le système de

conception. Nous obtenons une décomposition de l'entreprise selon trois niveaux décisionnels différents :

- le niveau stratégique qui définit l'organisation globale de l'entreprise et ses interactions avec l'environnement externe,
- le niveau tactique qui décrit la structure fonctionnelle de l'entreprise et du système de conception,
- le niveau opérationnel qui concerne l'organisation des processus de l'entreprise et en particulier du processus de conception.

Les environnements interne et externe sont en interaction et il est nécessaire d'identifier quels éléments extérieurs viennent influencer la structure interne et comment ces interactions se traduisent, quels sont leurs impacts à court terme, leurs effets à moyen et long termes) pour ainsi mettre en évidence les relations de causalité entre les évènements externes au système et leur impact sur la définition des actions à mener ou des objectifs à réaliser. Nous retrouvons cette notion de causalité dans l'approche GEM que nous avons déjà présentée. L'intérêt de cette démarche est d'apporter une certaine dynamique et une réactivité à la structure interne lorsque celle-ci est soumise à un événement extérieur. Des éléments de description des environnements interne et externe à chaque niveau décisionnel sont donnés dans le Tableau 12 [Robin *et al.*, 05].

Tableau 12. Exemple d'éléments de description des environnements interne et externe

Niveau Stratégique (entreprise)	• Interne : – Infrastructure de l'entreprise : locaux, implantation, logistique,… – Plan stratégique industriel – Ressources disponibles, capacités et potentiel de l'entreprise,… • Externe : – Sous-traitance, co-traitance, partenaires,… – Concurrence : veille technologique, études de marché,… – Aspects socio-culturels impactant sur l'entreprise, le marché, les produits…
Niveau Tactique (services)	• Interne : – Découpage fonctionnel de l'entreprise – Objectifs assignés à chaque services,… – Ressources disponibles dans le service • Externe : – Relations contractuelles avec les sous-traitants, avec les partenaires,… – Résultats de veille technologique, d'études de marché,… – Aspects socio-culturels impactant sur les acteurs de la conception
Niveau Opérationnel (acteurs)	• Interne : – Rôle dans un projet – Activités à réaliser – Conditions de travail, poste de travail,… • Externe : – Relations avec certains sous-traitants et les partenaires,… – Influence de monde extérieur, aspects socio-culturels – …

Par le biais de la méthode GRAI Ingénierie et des modèles qu'elle fournit, la dimension des environnements permet de juger de l'influence du contexte sur l'entreprise, ses services, ses

processus et les activités qui les composent. Nous mettons en évidence ici des influences globales et des influences structurelles propres à l'entreprise et à son organisation.

2.1.2 La dimension technologique

Les environnements décrivent l'entreprise et la positionnent sur son marché, par rapport à ses concurrents et mettent en évidence les échanges et les interactions internes et externes au système. Il nous faut donc maintenant identifier le contenu de ces échanges pour pouvoir gérer les informations circulant dans le système et ainsi améliorer la qualité des échanges en « *apportant la bonne information, au bon moment et au bon endroit* » [Nagarajan et al., 99][3]. Comme nous l'avons vu, les échanges lors d'activités collaboratives sont avant tout des transferts de savoir [Rose, 04]. Il est donc nécessaire de modéliser le savoir scientifique et technologique propre à une entreprise pour identifier les informations échangées au sein du système. De plus, cette modélisation apporte une vision globale du savoir que possède l'entreprise pour ainsi mettre en évidence ses pôles de compétences ou au contraire un risque de manque de savoir au niveau de certaines expertises pour un produit donné sur un marché identifié. Le savoir scientifique regroupe une partie des éléments décrits par Eder [Eder, 04] au niveau de l'axe techno-scientifique et par Flück [Flück, 01] dans sa description des compétences techniques (sciences naturelles et de l'ingénieur). Le savoir technologique concerne les pratiques manufacturières et la technologie. La description de l'entreprise en fonction de son savoir scientifique et technologique la positionne sur une dimension que nous appellerons « *la dimension technologique* ».

Pour que les échanges et les interactions internes et externes au système soient efficaces, il faut les avoir identifiés par le biais de la description des environnements, il faut avoir décrit leur contenu grâce au savoir mais il faut aussi prendre en compte le fait qu'ils seront avant tout fondés sur des relations entre les acteurs. Notre attention doit donc maintenant se porter sur les acteurs et sur l'étude de leur influence au cours des activités collaboratives, car ils auront eux aussi une grande importance dans l'atteinte des objectifs de l'entreprise.

2.1.3 La dimension de l'acteur

Au niveau de la conduite des systèmes il est important de suivre l'évolution des acteurs et des groupes auxquels ils appartiennent afin de pouvoir prendre les meilleures décisions en vue d'améliorer les performances du système. Pour ce faire, nous avons vu qu'il faut aller

[3] « Providing the right information, at the right time, at the right place ».

aujourd'hui au delà des critères classiques de gestion des ressources humaines et s'attacher à étudier « *le facteur humain* ». Sur la base des éléments présentés au chapitre précédent, un acteur sera décrit suivant (Tableau 13) :

- des caractéristiques organisationnelles et structurelles,
- des compétences d'organisation, d'adaptation, relationnelles et sociales,
- des facteurs de personnalité (Annexe 7, Tableau 19 et Tableau 24),
- des comportements professionnels (Annexe 7, Tableau 20 et Tableau 21),
- un style de tempérament (Annexe 7, Tableau 25),
- une capacité à recueillir, analyser et interpréter l'information (Annexe 7, Tableau 18).

Tableau 13. Exemples d'éléments de description de l'acteur

Caractéristiques organisationnelles	• Généralités : – Affectation au sein de l'entreprise, • Type poste occupé, • Position hiérarchique. – Responsabilités au sein de l'entreprise (CE, CHSCT, Syndicat) – Ancienneté, – Situation géographique, – Numéro de téléphone, – Adresse mail. • Particularités liées aux projets : – Projet(s) au(x)quel(s) l'acteur est affecté, – Disponibilité de l'acteur (%, début/fin affectation,…), – Rôle (s) dans le(s) projet(s),
Compétences d'organisation	• Auto-organisation • Organisation avec les autres • Organisation des autres
Compétences d'adaptation	• Adaptation à l'environnement • Auto-adaptation • Adaptation aux évolutions du métier
Compétences relationnelles et sociales	• Relations dans l'équipe • Relations managériales • Relations avec les clients
Facteurs de la personnalité	• Extraversion / Introversion • Stabilité émotionnelle / Anxiété • Conscience / Négligence • Sociabilité / Insociabilité • Ouverture aux expériences / Dogmatisme
Comportement professionnel	• Interne – Confiant • Interne – Méfiant • Externe – Confiant • Externe – Méfiant • Indicateurs de Myers – Briggs (16 types)
Style de tempérament	• Tempérament Epiméthéen • Tempérament Prométhéen • Tempérament Dyonisien • Tempérament Apollinien
Recueil, analyse et interprétation de l'information	• Collecte : préceptive • Collecte : réceptive • Analyse et interprétation : systématique • Analyse et interprétation : intuitive

Cette description de l'acteur, basée sur des critères organisationnels, structurels, mais aussi sur des critères liés à ses compétences et à son comportement, permet de prendre en compte son influence sur le système, au sein de l'organisation et sur les activités collaboratives qu'il aura à mener. Cette dimension apporte une vision plus fine de la gestion des ressources humaines (internes ou externes à l'entreprise) qui n'est plus simplement basée sur la prise en compte des compétences « techniques » des ressources.

La difficulté dans la prise en compte du facteur humain réside dans le fait qu'il faut considérer des éléments subjectifs, propres au savoir-être de chaque acteur. Ces éléments ne sont pas aussi facilement identifiables et capitalisables que les savoir et savoir-faire. Ils ne peuvent réellement être décrits et considérés que si le chef de projet est attentif et à l'écoute des acteurs du projet. L'objectif n'est pas ici de porter un jugement de valeur sur la personne mais bien de tenter d'identifier dans quels types de situation et de contexte chaque acteur est susceptible d'exprimer le meilleur de lui-même. L'intérêt de notre démarche est de sensibiliser les décideurs sur des aspects qui jusque là sont un peu délaissés et qui pourtant ont une grande importance dans la réussite de l'activité collaborative de conception.

2.1.4 Synthèse

Nous avons montré que l'espace dans lequel évolue l'entreprise est caractérisé par trois dimensions interdépendantes :

- la dimension des environnements,
- la dimension technologique,
- la dimension de l'acteur.

Cet espace est matérialisé par trois axes, associés aux trois dimensions (Figure 24) : un axe « environnement », un axe « technologique » et un axe « acteur ». Les environnements, la technologie et les acteurs influencent l'entreprise et sont sources à la fois de contraintes et d'objectifs mais aussi de leviers d'action. Chaque dimension prise séparément vient contraindre l'entreprise mais permet d'accroître la performance de l'entreprise si on les fait interagir. Par exemple, les savoirs d'une entreprise pourront influencer un marché en créant une nouvelle offre (le disque laser lancé par Philips est un parfait exemple de cette influence de la technologie sur le marché). Réciproquement, les technologies présentes sur un marché au travers des produits de la concurrence viendront enrichir le capital « savoir » d'une entreprise si celle-ci fait le choix d'acquérir ces technologies et les savoirs associés par l'embauche ou la formation de ressources humaines ou par l'achat de brevets ou de nouvelles

ressources matérielles. Ainsi, si nous prenons l'exemple des grands constructeurs automobiles, ils vont avoir des savoirs en terme de conception d'une motorisation, d'un châssis ou de la structure globale d'un véhicule mais ils ne maîtriseront pas les savoirs pour la conception des pneumatiques, des vitrages, des sièges,… Conscient de l'ensemble de ses forces et de ses faiblesses, un constructeur cherchera à externaliser la conception de certains composants et à créer des relations de co-traitance ou de sous-traitance qui viendront combler ses lacunes. L'identification des savoirs nécessaires à l'entreprise pour se positionner sur un marché donné permet de mettre en œuvre une stratégie en terme d'acquisition et de création de savoirs (lien 1, Figure 24). Ce lien contribue à la définition du savoir possédé ou à acquérir par l'entreprise pour répondre aux besoins d'un client ou du marché. Cette stratégie obligera à mettre en place une politique de recrutement ou de formation en vue de créer une adéquation entre les savoirs nécessaires et disponibles et les ressources humaines (lien 2, Figure 24). Ce lien associe le savoir et l'acteur (ou les acteurs) qui le possède et qui est susceptible de le mettre en œuvre dans le cadre de son activité si besoin est. Enfin, l'organisation de l'environnement interne au regard des objectifs et des contraintes permet l'affectation des acteurs possédant les savoirs nécessaire à l'atteinte des objectifs (lien 3, Figure 24). Ce lien met en évidence le fait que les environnements et l'acteur sont indissociables. Les environnements influencent les activités (objectifs et contraintes) mais aussi le comportement de l'acteur et réciproquement de part son implication au sein des environnements l'acteur influe sur l'évolution de ceux-ci.

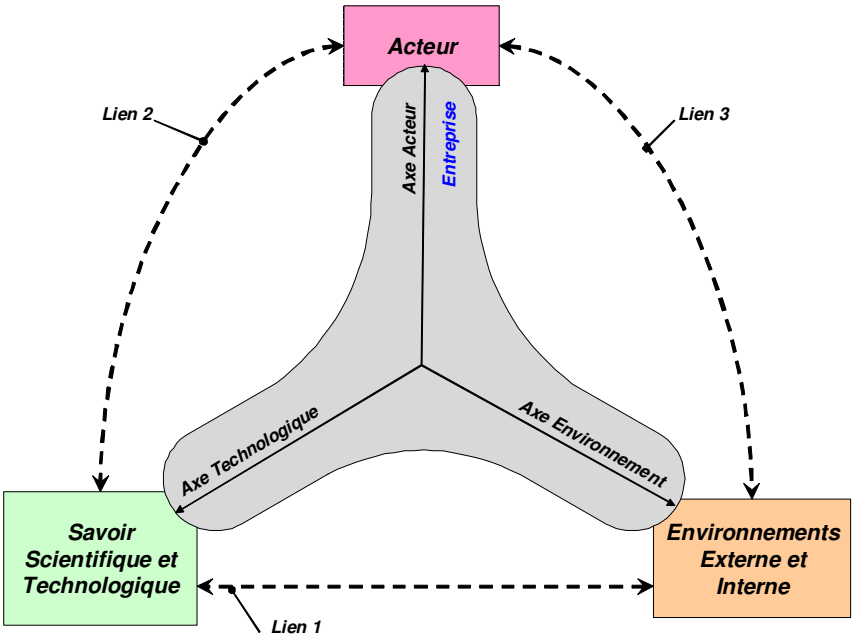


Figure 24. Modèle d'évaluation de la performance globale de l'entreprise

Comme chaque entreprise est unique, elle sera enclin à être orientée suivant un axe plutôt qu'un autre et aura donc un positionnement spécifique. Nous présenterons les différents types de positionnement possible dans le paragraphe 3.1.1 qui traite de l'exploitation du modèle d'évaluation de la performance dans le cadre de la modélisation de l'entreprise.

2.2 Modèle d'évaluation des systèmes de conception

Le modèle d'évaluation de la performance globale de l'entreprise met en évidence les vecteurs de performance globaux, propres à l'entreprise au sein de laquelle le système de conception s'insère. Mais nous avons vu qu'au-delà de ces vecteurs globaux, l'influence sur le processus et les activités de conception des modèles de produit, de processus et d'organisation permettait de dire que ces modèles étaient des vecteurs de performance locaux propres au système de conception. Nous allons montrer comment ces modèles s'intègrent dans le modèle d'évaluation de la performance globale de l'entreprise pour former le modèle d'évaluation de la performance des systèmes de conception.

2.2.1 Influence des environnements et du savoir sur le système de conception

Nous avons montré précédemment que les environnements interne et externe interagissent avec le savoir (lien 1, Figure 24) ; interaction qui conduit à l'identification pour l'entreprise de ses points forts et des points à améliorer en terme de réponses qu'elle apporte aux besoins d'un marché donné. Cette réponse passera par le produit. En effet, c'est par l'intermédiaire de ses produits qu'une entreprise peut se positionner sur un marché. Soit en étant une entreprise suiveuse et en se contentant de concevoir des produits par comparaison avec ceux de ses concurrents (en faisant du benchmark et de la re-conception par exemple ; les technologies présentes sur un marché au travers des produits de la concurrence viendront enrichir le capital « savoir » d'une entreprise si celle-ci fait le choix d'acquérir les technologies concurrentes et les savoirs associés). Soit en étant une entreprise innovante, à la pointe de la technologie, avec des produits moteurs sur le marché (elle influence ou crée un marché et montre toute l'étendue de sa technologie à travers ses produits). Ainsi, les environnements et le savoir interagissent sur le système de conception par l'intermédiaire du produit. Le modèle produit est donc placé entre les environnements et le savoir pour ainsi pourvoir prendre en compte leurs influences.

2.2.2 Influence du savoir et de l'acteur sur le système de conception

Dans le modèle d'évaluation globale de la performance de l'entreprise le lien entre le savoir et l'acteur (lien 2, Figure 24) met en évidence le fait qu'un savoir n'a de valeur pour une entreprise qu'à partir du moment où elle a en son sein au moins un acteur susceptible d'exploiter ce savoir dans le cadre de son activité. Une activité de conception peut donc être perçue comme le résultat d'un processus cognitif propre à l'acteur, qui met en œuvre et exploite son savoir, son savoir-faire et son savoir-être pour répondre aux objectifs qui lui ont été assignés, dans un contexte donné. Ainsi, au niveau du système de conception, les interactions entre le savoir et l'acteur ont une influence sur le processus de conception et sa performance est directement tributaire de celle de l'acteur dans son activité de mise en œuvre et d'utilisation de son savoir pour répondre aux objectifs de la conception. Le processus de conception est donc le lieu où les acteurs transforment leur savoir en un résultat tangible visible sur le modèle produit, chaque acteur ayant son propre processus cognitif pour transformer son savoir.

2.2.3 Influence de l'acteur et des environnements sur le système de conception

Comme nous l'avons dit les environnements influencent les activités et le comportement de l'acteur. Réciproquement de part son implication au sein des environnements l'acteur a un rôle dans l'évolution des environnements (lien 3, Figure 24). L'organisation de l'entreprise peut alors être comprise comme étant l'adaptation de la structure pour répondre à des objectifs spécifiques, avec des contraintes données, au regard de l'état des environnements internes et externes, ceci se traduisant par l'affectation d'acteurs pour la réalisation d'activités définies. Ainsi, les environnements et l'acteur influenceront le système de conception par l'intermédiaire du modèle d'organisation du système.

2.2.4 Synthèse

Sur la base de l'analyse que nous venons de mener, il nous est possible de proposer le modèle d'évaluation de la performance du système de conception suivant (Figure 25).

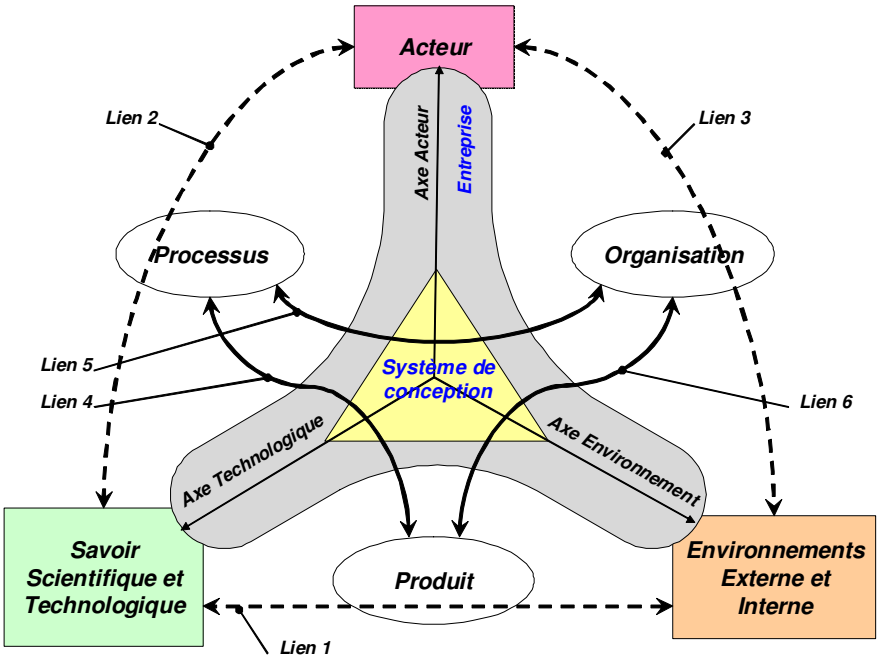


Figure 25. Modèle d'évaluation des systèmes de conception [Robin et al., 05]

Nous retrouvons bien dans ce modèle la double dynamique d'évolution du système de conception. Le modèle met en évidence la dynamique d'évolution de l'entreprise puisqu'il permet l'identification des vecteurs de performance globale de l'entreprise et la positionne dans l'espace « environnement – savoir – acteur ». De plus, comme le système de conception est un système de l'entreprise, il est lui aussi placé dans cet espace et a sa propre dynamique d'évolution qui est quant à elle décrite par le biais de la prise en compte de l'influence des modèles produit, processus et organisation et par la mise en évidence de leurs interactions. Dans le cadre du projet IPPOP nous avons montré que le suivi de l'évolution du système de conception pour permettre la gestion et la coordination de la conception concourante en vue d'améliorer en continu les performances de l'ingénierie était rendu possible par l'intégration des modèles de produit, de processus et d'organisation. Ceci oblige, d'une part, à intégrer les connaissances liées au produit et au processus en vue de leur capitalisation, pour contribuer à l'augmentation du patrimoine technologique de l'entreprise, à leur exploitation lors de nouveaux projets et à la maîtrise de la conduite de l'activité de conception. Et d'autre part à prendre en compte les interactions entre les modèles car ce sont elles qui créent la dynamique d'évolution du système de conception. Ainsi, l'organisation viendra influencer à la fois le produit et le processus (liens 5 et 6, Figure 25). L'organisation a un impact sur le processus car elle coordonne les processus et alloue les ressources en vue de la réalisation des activités des processus. Réciproquement, le processus influence l'organisation car lorsque celui-ci ne se déroule pas correctement et qu'un écart apparaît entre les résultats réels et les résultats

attendus, cela nécessite une action en terme d'organisation en vue de corriger la dérive (affectation de nouvelles ressources, réorganisation des activités,…) (lien 5, Figure 25). L'organisation a aussi son importance au niveau du produit (lien 6, Figure 25). Comme nous l'avons vu précédemment les acteurs de la conception sont comme des « *artistes* » et appliquent différentes méthodes d'une manière flexible, dans un processus d'appréciation – action – réappréciation reflétant constamment leur propre façon de travailler [Schön, 83] [Roozenburg et Dorst, 98]. Ainsi, même si le processus de conception est identifié les résultats sur le produit qu'il apportera seront tout autant dépendants des activités mises en œuvre que des acteurs impliqués. En fonction des résultats attendus il faudra non plus s'intéresser au processus mais directement au produit. Par exemple, pour le design d'un véhicule, la phase d'organisation consistera à sélectionner des acteurs sur la base de leurs créations lors de projet antérieurs sans forcément s'attacher au processus de conception du designer. Et dans le cas d'un produit innovant, l'organisation sera réactive et s'adaptera aux évolutions du produit. Le modèle de produit et le modèle de processus sont eux aussi en interactions (lien 4, Figure 25). Dans le cadre d'un processus routinier, au sein duquel les activités de conception sont définies, l'évolution du produit sera intimement liée aux résultats des activités. Et dans le cas où les activités ne sont pas clairement identifiées, ce sont les résultats sur le produit qui participeront à la définition du processus.

Nous allons maintenant proposer une méthodologie pour exploiter ce modèle, pour aboutir à la mise en place d'un système d'indicateurs de performances pour évaluer le système de conception en vue de sa conduite.

3 Exploitation du modèle d'évaluation des systèmes de conception

Comme nous l'avons dit, les acteurs de la conception doivent avoir à leur disposition un ensemble cohérent et contextualisé d'informations venant cadrer leur activité et favoriser le déroulement de celle-ci. La définition de cet ensemble n'est possible que si le système est modélisé, si sa dynamique est décrite et si les vecteurs de performance sont identifiés. Nous avons vu dans le chapitre précédent que ces vecteurs concernent à la fois la performance globale de l'entreprise et la performance locale, propre au système de conception. Ceci oblige à modéliser l'entreprise et son système de conception. Nous avons montré que cette phase de modélisation peut être menée sur la base des méthodes GIM [Zanettin, 94] pour ce qui est de l'entreprise et GRAI Ingénierie [Merlo, 03] pour le système de conception. Cette phase aboutit à un modèle du système (vision statique). Pour identifier la dynamique du système, il faut ensuite une phase de suivi de l'évolution de l'entreprise et du système de conception qui

est basée sur l'approche GEM [Malhéné, 00] [Blanc, 05]. L'analyse de l'évolution du processus et des activités de conception étant fondée quant à elle sur le modèle GRAI R&D [Girard et Doumeingts, 04]. Cette phase de suivi ne sera possible que si un système d'indicateurs de performance a été mis en place pour évaluer la performance globale de l'entreprise et la performance du système de conception. Une phase de conception et d'implantation du système d'indicateurs de performance est donc nécessaire. L'intérêt de ce suivi est de pouvoir juger de la pertinence des actions mises en œuvre pour atteindre les performances et des indicateurs de performance associés. A chaque modification sur un des éléments du contexte, les indicateurs seront revus ainsi pour toujours être en adéquation avec l'objet à évaluer. Cette méthodologie de modélisation et de suivi de l'entreprise et du système de conception se déroule selon quatre étapes (Figure 26) :

Etape 1 : Modélisation de l'entreprise et mise en évidence des vecteurs de performance globaux,

Etape 2 : Suivi de l'évolution de l'entreprise,

Etape 3 : Modélisation du système de conception et mise en évidence des vecteurs de performance locaux,

Etape 4 : Suivi de l'évolution du processus et des activités de conception.

A chaque étape des objectifs, des leviers d'actions et des indicateurs de performance permettant de décrire le système de conception et son contexte, de suivre son évolution et finalement d'avoir une action corrective si besoin est, sont identifiés à l'aide de la démarche ECOGRAI.

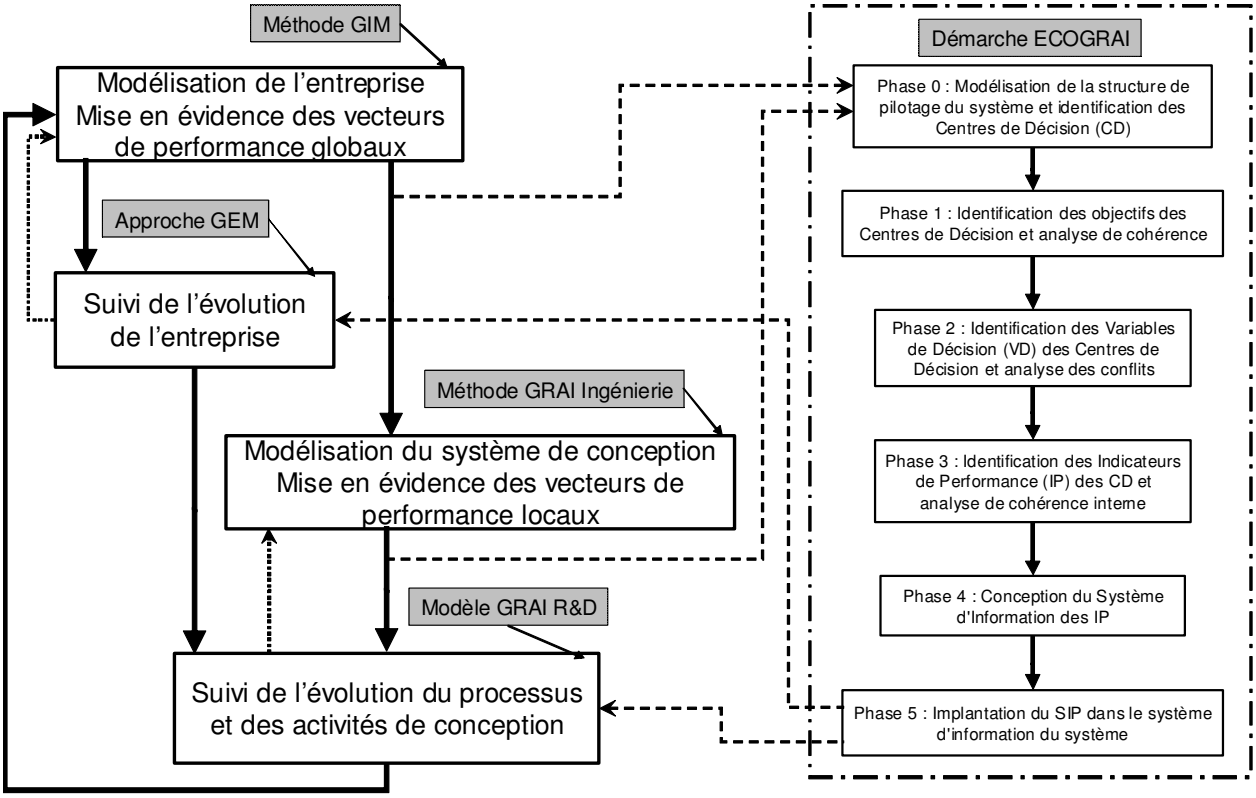


Figure 26. Méthodologie de modélisation et de suivi de l'entreprise et du système de conception

Les différentes approches offrent un cadre général pour l'étude de l'évolution de l'entreprise, du système de conception, de ses processus et de ses activités, et comme nous l'avons déjà souligné permettent d'identifier les objectifs de performance et de conception mais nécessitent d'être complétées par un modèle d'évaluation pour ainsi définir les leviers d'action et les indicateurs de performance associés. Nous allons maintenant voir comment le modèle d'évaluation proposé se positionne par rapport aux autres méthodes et comment il permet l'indentification des leviers d'action et des indicateurs de performance associés aux différents objectifs, au niveau global et au niveau local.

3.1 Exploitation du modèle pour les vecteurs de performance globaux

3.1.1 Exploitation du modèle d'évaluation dans le cadre de la modélisation de l'entreprise

GIM (Grai Integrated Method) appartient à l'ensemble des méthodes qui constituent la méthodologie GRAI et est basée sur les composants de cette méthodologie (le modèle conceptuel GRAI, les langages de modélisation (grille, réseaux, actigrammes et diagramme de

classes), le cadre de modélisation et la démarche GRAI adaptée à l'approche multi-vues (démarche générique)). La méthode GIM s'articule autour de quatre étapes :

- la modélisation du système existant,
- le diagnostic des modèles obtenus pour en déduire les points forts et des points à améliorer,
- la conception du système cible sur la base de ces derniers éléments et des objectifs assignés par la direction.
- l'élaboration d'un plan d'action pour satisfaire les objectifs de l'étude.

GIM fournit une modélisation du système existant qui permet par la suite de concevoir un nouveau système. Comme nous l'avons dit, GIM est particulièrement bien adapté pour ce qui est de décrire le niveau stratégique de l'entreprise. La modélisation du système existant aboutit à l'obtention de modèles de la Vue Fonctionnelle, du Système Physique, du Système de Décision, de la Vue Processus et enfin du Système d'Information. La Vue Fonctionnelle est une modélisation globale du domaine d'étude sur laquelle s'appuie la modélisation du Système Physique. Le Système Physique traduit les activités qui contribuent directement à la réalisation des produits (des services) pour le client. La modélisation Décisionnelle va fournir une synthèse globale de la structure décisionnelle. La Vue Processus permettra de représenter les liaisons transversales de l'entreprise. Le Système d'Information collecte l'ensemble des informations identifiées dans les quatre précédents modèles. Ces modèles sont représentatifs de la structure de l'entreprise mais ne tiennent pas compte de l'ensemble des vecteurs de performance globaux que nous avons mis en évidence puisque les aspects liés aux acteurs, au savoir et au savoir-faire ne sont pas pris en compte. Le modèle d'évaluation que nous avons proposé vient compléter ces modèles en ajoutant des dimensions supplémentaires à la modélisation de l'entreprise. Ainsi au delà des structures fonctionnelle et décisionnelle de l'entreprise, de ses processus et de ses activités, le modèle d'évaluation permet d'intégrer les acteurs et les différents savoirs dans la phase de modélisation et donc dans la phase de diagnostic en tant que vecteurs de performance importants (points forts et points à améliorer) en vue de la conception du système cible et d'un plan d'action. Il est alors possible de positionner l'entreprise dans l'espace caractérisé par les trois dimensions interdépendantes que nous avons précédemment décrites (la dimension des environnements, la dimension technologique et la dimension de l'acteur). Ainsi, une entreprise qui externalisera tout ou partie de ses activités sera normalement orientée plutôt sur l'axe « environnement » au détriment des deux autres puisque intrinsèquement elle ne possèdera ni les ressources ni les savoirs pour mener à bien ses activités (Figure 27). Mais si elle possède des axes « acteur » et

« savoir » développés et qu'elle externalise malgré tout ses activités, elle devra revoir sa façon de gérer son capital humain et son patrimoine de savoirs car cela signifie qu'elle sous-utilise (ou utilise à mauvais escient) ses acteurs et ses savoirs.

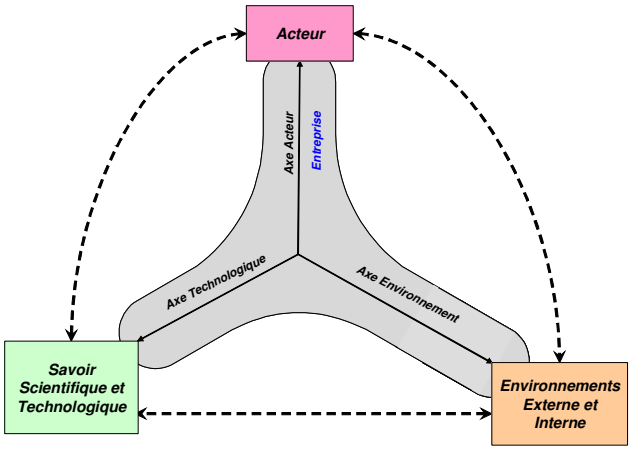


Figure 27. Description d'une entreprise externalisant ses activités

Au contraire, une entreprise qui internalisera la totalité (ou quasi totalité) des activités de conception, production, vente, etc. de ses produits aura une forte propension à être orientée suivant les axes « technologique » et « acteur » (Figure 28). Dans ce cas, il faut qu'elle vérifie que son positionnement sur ces axes est justifié par rapport à ses objectifs. Il faut que l'entreprise juge de l'intérêt d'internaliser des activités au regard de ses capacités réelles en terme de ressources humaines et de savoirs.

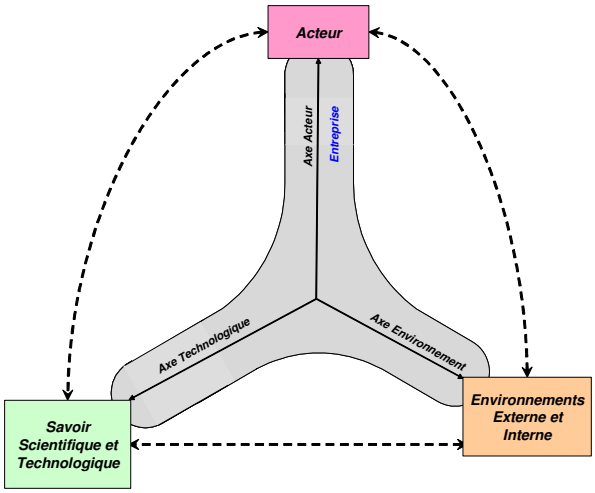


Figure 28. Description d'une entreprise internalisant ses activités

Une telle représentation participe à la mise en évidence de nombreuses spécificités d'une entreprise qui sont autant de variables, de critères et de contraintes pour la prise de décision. Spécificités qui contribueront aussi à identifier les objectifs de conception ou de performance

de l'entreprise. Par exemple, si une entreprise possède un axe « acteur » réduit et que malgré tout elle a un axe « technologique » développé, cela signifie qu'elle aurait tout intérêt à capitaliser correctement ses savoirs et à former de nouvelles ressources car un grand nombre de savoirs est détenu par un nombre réduit d'individus et leur départ serait préjudiciable à l'entreprise. Cette représentation favorise l'identification d'objectifs spécifiques à chaque dimension mais aussi d'objectifs impactant sur plusieurs dimensions (Tableau 14).

Tableau 14. Exemples d'objectifs relatifs à plusieurs dimensions et actions associées

		Actions à mener
Objectifs « acteurs et environnements »	• Augmenter les capacités de l'entreprise • Augmenter la productivité d'un service	• Etablir un plan de recrutement global pour l'entreprise • Etablir un plan de recrutement par service
	• Optimiser l'utilisation des ressources des processus internes • Optimiser l'utilisation des ressources des processus externes	• Augmenter l'internalisation des activités (former, embaucher) • Augmenter l'externalisation des activités (débaucher,…) • Etudier l'opportunité de conserver un service • Etudier l'opportunité d'internaliser totalement les activités
	• Accroître le rendement des ressources internes • Accroître le rendement des ressources externes	• Optimiser le taux d'occupation moyen des ressources internes • Optimiser le taux d'occupation moyen des ressources externes
Objectifs « acteurs et savoir »	• Diversifier les savoir et savoir-faire de l'entreprise • Augmenter les compétences techniques d'un service • Accroître les compétences techniques d'un acteur	• Etablir un plan de formation global pour l'entreprise • Etablir un plan de formation par service • Etablir un plan de formation par acteur
	• Réduire les pertes de compétence dues au départ à la retraite	• Faire un plan de formation pour les acteurs les plus jeunes pour limiter les pertes de compétence dues au départ à la retraite
	• Réduire les trop grands écarts de compétence entre les acteurs	• Faire un plan de formation pour les acteurs les plus âgés pour limiter les trop grands écarts de compétence
	• Limiter les pertes de compétence dues à un trop grand turnover	• Faire un plan de formation pour des acteurs identifiés pour limiter les pertes de compétence dues à un trop grand turnover
Objectifs « savoir et environnements »	• Positionner l'entreprise par rapport à la concurrence	• Identifier le « capital savoir » de l'entreprise • Identifier un manque de compétence interne • Identifier un manque de compétence externe
	• Juger de la qualité des compétences techniques des sous-traitants	
	• Valoriser les savoirs de l'entreprise et les protéger • Accroître les compétences techniques par une approche externe	• Adopter une politique du secret et déposer des brevets • Récupérer des savoirs chez les sous-traitants et partenaires • Récupérer des savoirs chez les concurrents (benchmarking…)
	• Optimiser les modèles de processus internes • Optimiser les modèles de processus externes et faire progresser les processus internes	• Capitaliser des savoirs pour affiner les modèles de processus internes • Capitaliser des savoirs pour affiner les modèles de processus externes et faire progresser les processus internes

La performance est déployée à travers toute la structure par l'intermédiaire des objectifs. Chaque centre de décision, à chaque niveau décisionnel aura un ou des objectifs spécifiques qui proviendront soit de la phase de modélisation soit de la décomposition d'objectifs d'un niveau supérieur. Nous aurons donc des objectifs stratégiques, tactiques et opérationnels qui seront identifiés et échangés entre les centres de décision de la grille de coordination GRAI suivant qu'ils concernent la fonction du commercial, la conception, l'industrialisation, etc. (Figure 29).

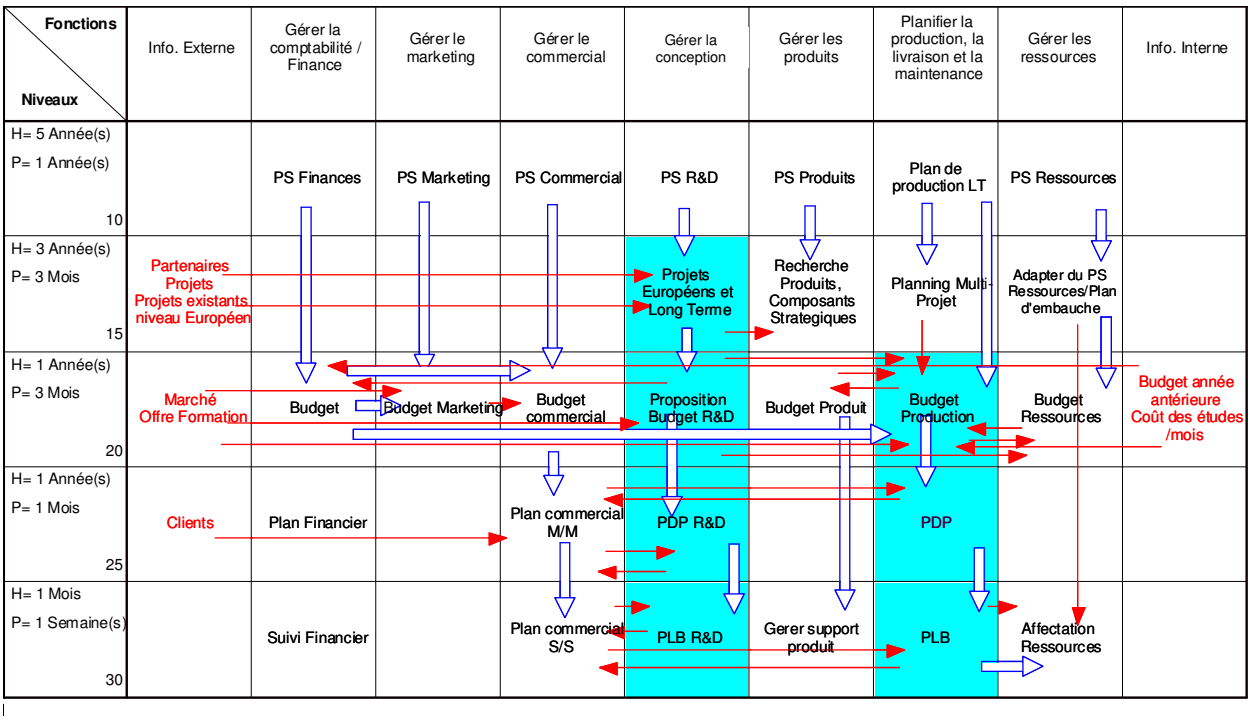


Figure 29. Exemple de grille GRAI

Les liaisons entre les centres de décision décrites dans la grille correspondent à ce que nous avons identifié comme étant les interactions entre les composants environnement interne (services internes de l'entreprise) mais aussi leurs échanges avec l'environnement externe (par le biais de leur relations avec les informations externes).

Lorsque la phase de diagnostic est terminée, il est possible de débuter la phase de conception du système cible par l'intermédiaire de l'approche GEM.

3.1.2 Conception du système cible et suivi de son évolution

La modélisation de l'entreprise avec la méthode GIM permet d'obtenir des grilles GRAI et des réseaux GRAI pour ce qui est de modéliser les systèmes décisionnel et physique, et des diagrammes de classes pour modéliser le système d'informations de l'entreprise. L'ensemble de ces modèles est réutilisable pour étudier l'évolution de l'entreprise à l'aide de l'approche

GEM puisque ces modèles fournissent une image du premier état du système : *le système existant*. En appliquant l'approche GEM au modèle il est possible, en fonction de l'état final recherché du système (*le système cible*) après itérations, de mieux comprendre comment le système va évoluer mais aussi de détecter les points à améliorer. Au niveau du contexte du système de conception, l'approche GEM permet de tenir compte et de suivre l'évolution des facteurs stratégiques externes (besoins des clients, évolution de la sous-traitance, du marché, des concurrents, des produits concurrents,…). Elle offre un cadre général d'identification des objectifs stratégiques et des contraintes qui auront une influence sur l'entreprise et sur le système de conception. Le *système cible* est décrit par l'intermédiaire de nouveaux modèles et des nouvelles grilles. Cette approche apporte donc la dynamique globale de l'entreprise que nous avions identifiée au chapitre précédent. Etant l'image du système, la représentation du modèle d'évaluation va donc évoluer en même que le *système cible*. Les objectifs décrits selon les dimensions du modèle vont eux aussi évoluer. Le système cible et les objectifs associés aboutissent à la phase d'élaboration d'un plan d'action qui lui-même conduira au suivi de l'évolution de l'entreprise. Le plan d'action s'accompagne toujours d'un système d'indicateurs de performance conçu à l'aide de la démarche ECOGRAI. Dans cette démarche les objectifs de chaque centre sont déduits des modèles obtenus lors des phases de modélisation et de diagnostic mais la définition des indicateurs reste empirique et basée sur l'expérience des acteurs. En décrivant les influences mutuelles qui existent entre les acteurs, les savoirs et les environnements, le modèle d'évaluation met ainsi en évidence les leviers d'action susceptibles d'influer chacun de ces éléments. En effet, comme nous l'avons vu le modèle d'évaluation de la performance globale de l'entreprise la positionne dans son espace d'évolution ce qui permet d'identifier sa performance globale. Ainsi, si son positionnement ne lui convient pas, une entreprise pourra définir ses objectifs stratégiques pour mieux se placer. Le modèle permet ensuite d'aider les décideurs pour ce qui est de déployer les objectifs stratégiques dans toute la structure et d'identifier les leviers d'action et les indicateurs de performance associés. Chaque objectif se déploiera sur les trois axes du modèle et donnera lieu à des objectifs et des leviers d'action spécifiques en fonction des contraintes induites par les interactions entre les environnements, les acteurs et le savoir. Par exemple, si nous reprenons le cas d'une entreprise externalisant ses activités (Figure 27) l'un de ses objectifs stratégiques peut être de réduire le taux d'externalisation de ses activités de conception. Au niveau de l'axe des environnements, elle définira des objectifs en vue de se repositionner par rapport à la concurrence et d'identifier les compétences de ses sous-traitants pour ainsi chercher à les internaliser en les acquérant. Les leviers d'action sur lesquels elle pourra jouer

sont relatifs à l'amélioration de ses compétences internes en formant ses ressources ou en embauchant de nouvelles personnes. Ceci la conduira à décrire des objectifs au niveau de la dimension relative aux acteurs. Elle cherchera à dynamiser ses services en modifiant la pyramide des âges par exemple et à optimiser l'utilisation de ses ressources en étudiant leur taux d'occupation, leur répartition et vue de leur redéploiement. La prise en compte des acteurs sera complétée par la définition des objectifs propre à l'axe technologique. Sur cet axe, l'entreprise s'attachera à valoriser et accroître ses compétences en ayant des objectifs spécifiques de gestion des compétences (anticiper les pertes de compétences dues aux départs en retraite, réduire les écarts de compétences dans les services, etc.). Le déploiement de ces objectifs dans toute la structure et à chaque niveau décisionnel se fera suivant le même principe de décomposition suivant les trois axes du modèle. Connaissant les objectifs du système, les leviers d'actions favorisant l'atteinte de ces objectifs, nous sommes alors en mesure de définir des indicateurs de performance qui permettront de juger de l'atteinte des objectifs tout en assurant qu'une action sera possible si une dérive est identifiée. Le modèle d'évaluation fournit un cadre pour la prise de décision à un niveau global (stratégique) par l'indentification des objectifs, des leviers d'action et la définition des indicateurs de performance.

Le Tableau 15 donne des exemples d'objectifs, de leviers d'action et d'indicateurs de performance associés qu'il est possible de définir en analysant une entreprise à l'aide de l'ensemble des méthodes et outils que nous venons de présenter. Nous avons repris ici le cas d'une entreprise qui cherche à réduire le taux d'externalisation de ses activités de conception.

Tableau 15. Exemple d'objectifs, de leviers d'action et d'IP pour l'entreprise

Objectifs	***Leviers d'action***	***Indicateurs associés***
• Augmenter la capacité d'innovation de l'entreprise • Augmenter la productivité d'un service	• Modifier la pyramide des âges dans l'entreprise	• Pyramide des âges de l'entreprise • Pyramide des âges par service
• Optimiser l'utilisation des ressources des processus internes • Optimiser l'utilisation des ressources des processus externes	• Agir sur le type de ressources utilisées de l'entreprise	• Nombre de ressources internes / nombre de ressources total • Nombre de ressources externes / nombre de ressources total
• Accroître le rendement des ressources internes • Accroître le rendement des ressources internes	• Redéfinir la répartition des ressources par service	• Nombre de ressources internes / pour un service donné • Nombre de ressources externes / pour un service donné
	• Réduire / augmenter le taux d'occupation des ressources	• Taux d'occupation moyen des ressources internes • Taux d'occupation moyen des ressources externes • Taux d'occupation moyen d'une ressource interne donnée • Taux d'occupation moyen d'une ressource externe donnée
• Diversifier les savoir et savoir-faire de l'entreprise • Augmenter les compétences techniques d'un service • Accroître les compétences techniques d'un acteur	• Modifier les savoirs de l'entreprise, des services et des acteurs	• Cartographie des compétences de l'entreprise • Cartographie des compétences par service • Cartographie des compétences par acteur
• Réduire les pertes de compétence dues au départ à la retraite • Réduire les trop grands écarts de compétence entre les acteurs • Limiter les pertes de compétence dues à un trop grand turnover	• Identifier les savoirs critiques de l'entreprise	• Nombre et type de compétences détenues seulement par des acteurs de plus de 55 ans • Nombre et type de compétences détenues seulement par des acteurs de moins de 30 ans • Nombre et type de compétences détenues seulement par des acteurs présent depuis moins de 2 ans
• Positionner l'entreprise par rapport à la concurrence • Juger de la qualité des compétences techniques des sous-traitants	• Etudier l'internalisation / externalisation des savoirs	• Identification des savoirs seulement internes • Identification des savoirs seulement externes
	• Etudier le taux de possession d'une compétence	• Nombre de ressources internes possédant une compétence donnée • Nombre de ressources externes possédant une compétence donnée

Comme nous l'avons dit la modélisation de l'entreprise ne concerne que la performance globale des systèmes de conception. Nous allons maintenant décrire l'exploitation du modèle d'évaluation au niveau local dans le cadre de la modélisation du système de conception avec la méthode GRAI Ingénierie.

3.2 Exploitation du modèle pour les vecteurs de performance locaux

3.2.1 Exploitation du modèle d'évaluation dans le cadre de la modélisation du système de conception

La modélisation du système de conception se fait par l'intermédiaire de la méthode GRAI Ingénierie [Merlo, 03]. Cette méthode reprend les modèles définis précédemment par le biais de la méthode GIM et les complète pour s'intéresser aux spécificités du système de conception. La méthode GRAI Ingénierie fournit un ensemble de modèles qui permet de décrire le système de conception (Figure 30).

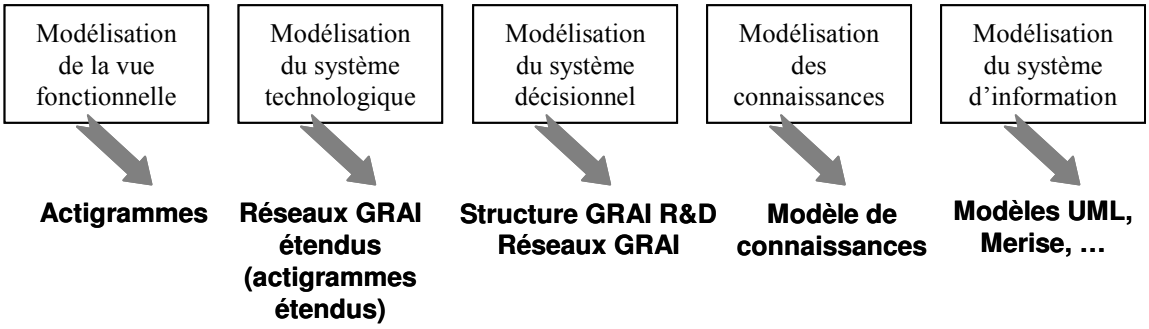


Figure 30. Modèles utilisés pour représenter le système de conception

Le modèle d'évaluation complète la phase de modélisation de la méthode GRAI Ingénierie en insistant sur les éléments à prendre en compte dans les différents modèles utilisés dans la méthode et permet de positionner le système de conception de l'entreprise dans l'espace caractérisé par les trois dimensions que nous avons précédemment décrites (la dimension des environnements, la dimension technologique et la dimension de l'acteur). Ainsi, une entreprise qui externalisera tout ou partie de ses activités de conception, verra son système de conception orienté sur l'axe « environnement » au détriment des deux autres puisque intrinsèquement elle ne possèdera ni les ressources ni les savoirs suffisants pour mener à bien ses activités (Figure 31). Mais dans le cas où elle externalise ses activités tout en ayant des axes « acteur » et « savoir » développés, l'entreprise devra remettre en question sa politique de gestion de ses ressources humaines et de ses savoirs car cela peut signifier que cette

gestion n'est pas effectuée correctement et que les ressources sont mal employées, sous utilisées ou sous-estimées.

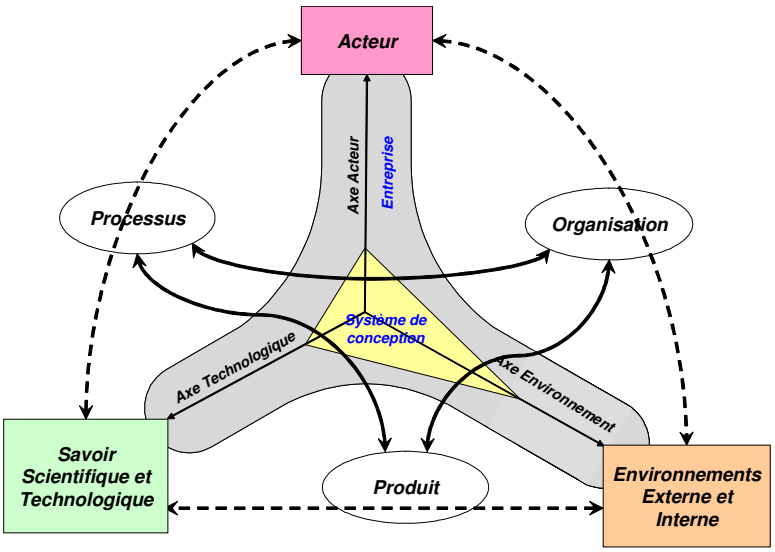


Figure 31. Description d'une entreprise externalisant ses activités de conception

Inversement, une entreprise qui internalisera la totalité (ou quasi totalité) de ses activités de conception sera plutôt orientée suivant les axes « technologique » et « acteur » (Figure 32). Dans ce cas, il faut qu'elle vérifie que son positionnement sur ces axes est justifié par rapport à ses objectifs. L'entreprise doit juger de l'intérêt d'internaliser des activités au regard de ses capacités réelles en terme de ressources humaines et de savoirs.

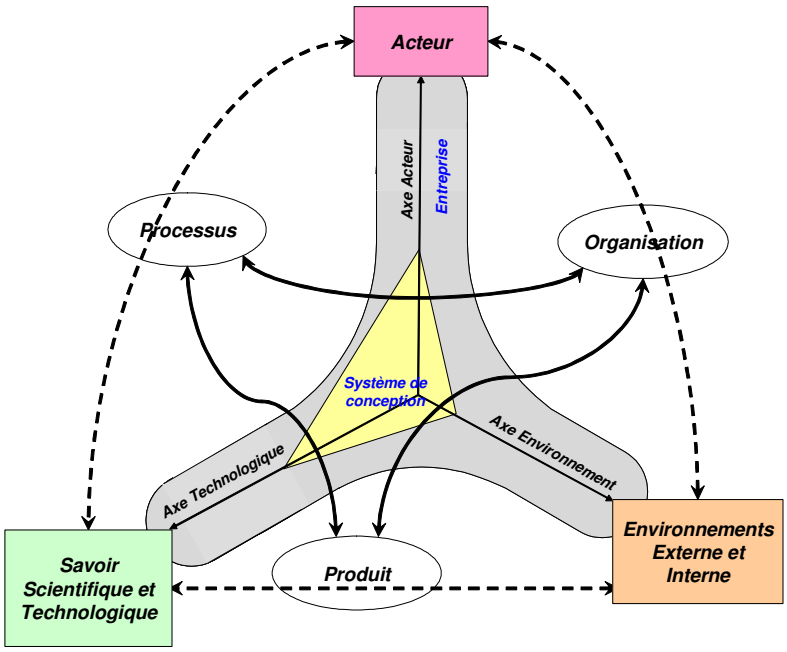


Figure 32. Description d'une entreprise internalisant ses activités de conception

Comme nous l'avons vu dans le paragraphe précédent le déploiement des objectifs dans toute la structure et à chaque niveau décisionnel se fera suivant le même principe de décomposition suivant les trois axes du modèle. Les modèles produit, processus et organisation viennent compléter le modèle d'évaluation de la performance globale, ce qui apporte un degré de description plus fin à la modélisation du système. Cette intégration offre la possibilité de définir et de considérer plus précisément l'influence de chaque élément du contexte sur le système de conception suivant les visions produit, processus et organisation. Le modèle d'évaluation aide à la prise en compte de ces influences dans le sens où il les met en évidence et permet de les traduire en terme d'objectifs et de leviers d'action sur le produit, le processus et l'organisation. Le modèle d'évaluation vient compléter le modèle GRAI R&D et contribue à la traçabilité de l'effet d'un événement dans tout le système. Une évolution du contexte à un niveau stratégique est identifiée par l'approche GEM, les effets de cette évolution se répercutent sur le modèle GRAI R&D et donc sur le processus et sur les activités et sont tracés dans le modèle produit – processus – organisation. Le modèle facilite le suivi du processus de conception puisque les chefs de projet sont capables de coordonner les projets plus efficacement par le biais des évolutions des modèles de produit et de processus. De plus, ce modèle aide au suivi des activités de conception discrétionnaires puisqu'il contribue au suivi de l'évolution des résultats produits par les activités (entrées / sorties des activités) mais aussi des interactions entre les activités qui contribueront à la création du processus. Ces interactions qui concernent les aspects liés au produit, au processus et à l'organisation mais aussi à l'acteur et au style de management du processus de conception.

Comme pour la méthode GIM, la méthode GRAI Ingénierie permet de déployer la performance à travers tout le système de conception par l'intermédiaire des objectifs. Chaque centre de décision, à chaque niveau décisionnel, aura un cadre dans lequel nous retrouverons un ou des objectifs spécifiques qui proviendront soit de la phase de modélisation soit de la décomposition d'objectifs d'un niveau supérieur. Nous retrouverons l'ensemble de ces éléments dans les grilles GRAI établies lors de l'étude du système avec la méthode GRAI Ingénierie (Figure 33).

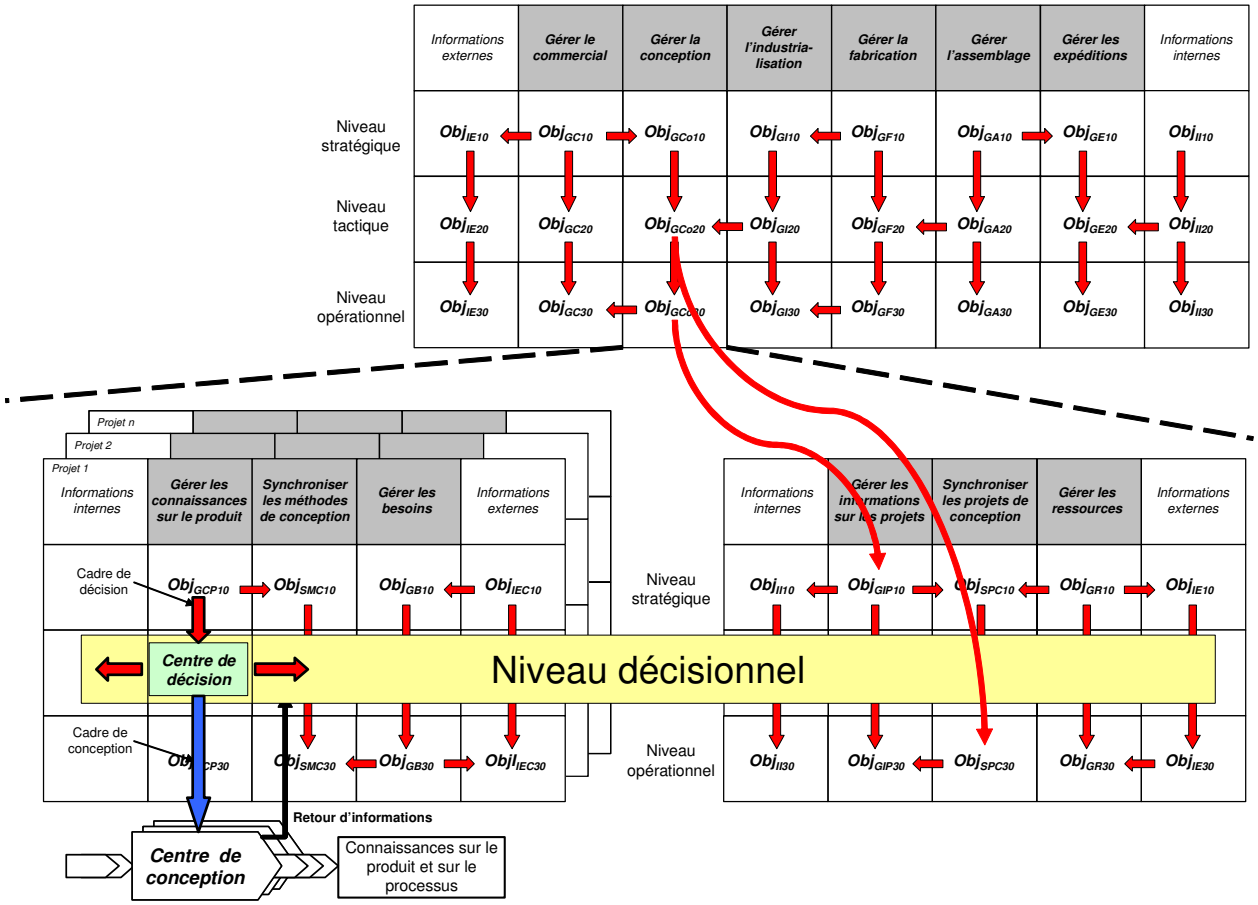


Figure 33. Décomposition des objectifs dans les grilles GRAI

3.2.2 *Suivi de l'évolution du système, du processus et des activités de conception*

Nous avons montré que l'activité de conception était influencée par des facteurs multiples et variés (critères liés au contexte global de la conception, critères organisationnels, critères liés au processus de conception, critères liés aux acteurs) et que ces facteurs donnaient lieu à quatre formes d'interactions entre le contexte et les acteurs lors d'une activité collaborative de conception (Figure 8). Pour le moment, les différentes méthodes que nous avons utilisées ne permettent de considérer et de suivre que trois des quatre interactions :

- les critères liés au contexte global, à l'organisation, au processus de conception et une partie des critères liés à l'acteur (GRAI Ingénierie, structure GRAI R&D),
- les interactions entre le groupe (ou l'acteur) et le contexte de conception par l'intermédiaire de la mise en évidence de la dynamique des échanges au sein du système (modèles GRAI Ingénierie, modèle opérationnel et modèle GRAI R&D),
- les interactions entre l'acteur et l'artefact par l'intermédiaire de l'évolution des modèles de produit et de processus et des retours d'informations d'un niveau décisionnel à un niveau supérieur dans la structure GRAI R&D.

Par contre les interactions entre l'acteur et les autres membres du groupe et les interactions qui contribuent à créer et entretenir la dynamique générale du groupe ne sont pas suivies puisqu'elles ne sont pas considérées par les méthodes que nous utilisons. Ces influences sont susceptibles d'être définies et suivies dans un centre de conception puisque l'activité collaborative de conception se déroule dans un centre de conception, qui est l'espace de la transformation de l'état initial de la connaissance sur le produit à son état final. Nous avons vu que le contexte au sein duquel la transformation a lieu est décrit à l'aide du cadre de conception qui est caractérisé par : les objectifs de la conception qui doivent être atteints par le centre de conception, le champ de compétences, les objectifs de performance pour vérifier les résultats de la transition, les moyens requis pour atteindre les objectifs. Au regard des éléments à prendre en compte pour décrire l'activité de collaboration, nous nous apercevons qu'ils ne sont pas intégrés dans le concept actuel de centre de conception, il doit donc être complété. Pour ce faire, nous avons définis le concept « *d'environnement de conception* » [Robin *et al.*, 04]. L'environnement de conception est défini comme le contexte dans lequel on souhaite placer un groupe d'acteurs dans le but d'atteindre les objectifs fixés. Il a pour but d'améliorer le cadre de travail des acteurs afin d'optimiser les performances relatives aux attentes du client et de l'entreprise. Il est aussi créée en réaction ou en prévision d'un besoin de collaboration et va donc intégrer des aspects liés à la collaboration entre les acteurs. Ceci se traduit par une phase d'allocation des ressources humaines plus efficiente et la création de groupes de travail performants, en adéquation avec les objectifs assignés. Ainsi, au cours du déroulement du projet, le responsable du projet peut promouvoir la collaboration entre tous les acteurs en leur proposant des environnements de conception adéquats. L'environnement de conception peut être considéré comme étant une entité interne au centre de conception, mis en place pour répondre à un besoin de collaboration. L'environnement de conception aura une structure et un fonctionnement propre. Les mécanismes aidant le coordonnateur à adapter le contexte de travail à la situation observée s'appuient sur des aspects sociologiques [Jeantet, 96], sur la gestion de l'évolution des systèmes de production [Malhéné, 00] et sur des informations concernant le produit, le processus et l'organisation. La mise en place d'un environnement de conception passe par l'analyse et la compréhension de la situation de conception que l'on cherche à améliorer. Elle est définie comme l'état du système technologique à un instant donné. Ainsi, les critères qui caractériseront la situation de conception et qu'il faudra prendre en compte seront [Eder, 03], [Robin *et al.*, 03 et 04b] :

- le produit de part sa nature [Suh, 90], sa complexité, son statut dans le processus, ses interfaces [Eynard *et al.*, 99],

- le processus et en particulier la démarche de conception [Perrin, 01], le type de conception (routinière, innovante, créative) [Kota et Ward, 91] et le type de collaboration [Joly et Mangemantin, 95], [Dameron, 00],
- les ressources matérielles et financières (locaux, ordinateurs, logiciels, budgets…),
- les contraintes liées à l'entreprise en général et à son propre environnement en particulier (concurrence, contraintes techniques de production, etc.),
- les acteurs et en particulier leur rôle, leur expérience sur des projets similaires, leur connaissance et leur socialisation. L'objectif étant d'adapter au mieux l'environnement de conception à leurs besoins,
- les connaissances de popularisation, de savoir-être et de synergie [Rose *et al.*, 03] qui vont aider le chef de projet à choisir une forme de collaboration adaptée et qui vont aider les acteurs à communiquer et à collaborer.

Les quatre premiers points sont bien présents dans le modèle GRAI R&D et les deux derniers regroupent les éléments liés à l'humain. Sur la base de cette description il est possible de définir les paramètres à prendre en compte pour créer un environnement de conception :

- le cadre de conception (voir Figure 4, chapitre 1) :
  - les objectifs de conception,
  - les domaines de compétences,
  - les objectifs de performance,
  - acteurs, ressources, budget,...
- la description de la situation de conception :
  - l'état du modèle de produit et du modèle de processus à l'instant considéré,
  - l'organisation effective (au sens sociale) du centre de conception,
  - les niveaux de performance atteints,
  - la forme de collaboration souhaitée.

Un environnement de conception est décrit par une combinaison de ces paramètres, qui évolueront au cours du temps en fonction de la situation réelle du système de conception. La gestion de ces environnements consistera alors en une phase d'ajustement et d'évolution continus des environnements au regard de la situation de conception. Ce concept va apporter une nouvelle dynamique au modèle GRAI R&D en terme de pilotage des situations collaboratives. Cette dynamique de pilotage du processus de conception par le biais des environnements de conception est basée sur quatre phases principales (Figure 34) :

Phase 1 : Identification du besoin de collaborer,

Phase 2 : Description de la situation existante,

Phase 3 : Analyse et comparaison de la situation existante avec les objectifs du système de conception, dans le but de prendre une décision, en ayant défini les leviers d'action associés,

Phase 4 : Mettre en place et suivre un environnement de conception adapté à la situation de conception, pour faire évoluer efficacement le contexte dans lequel se déroule le processus.

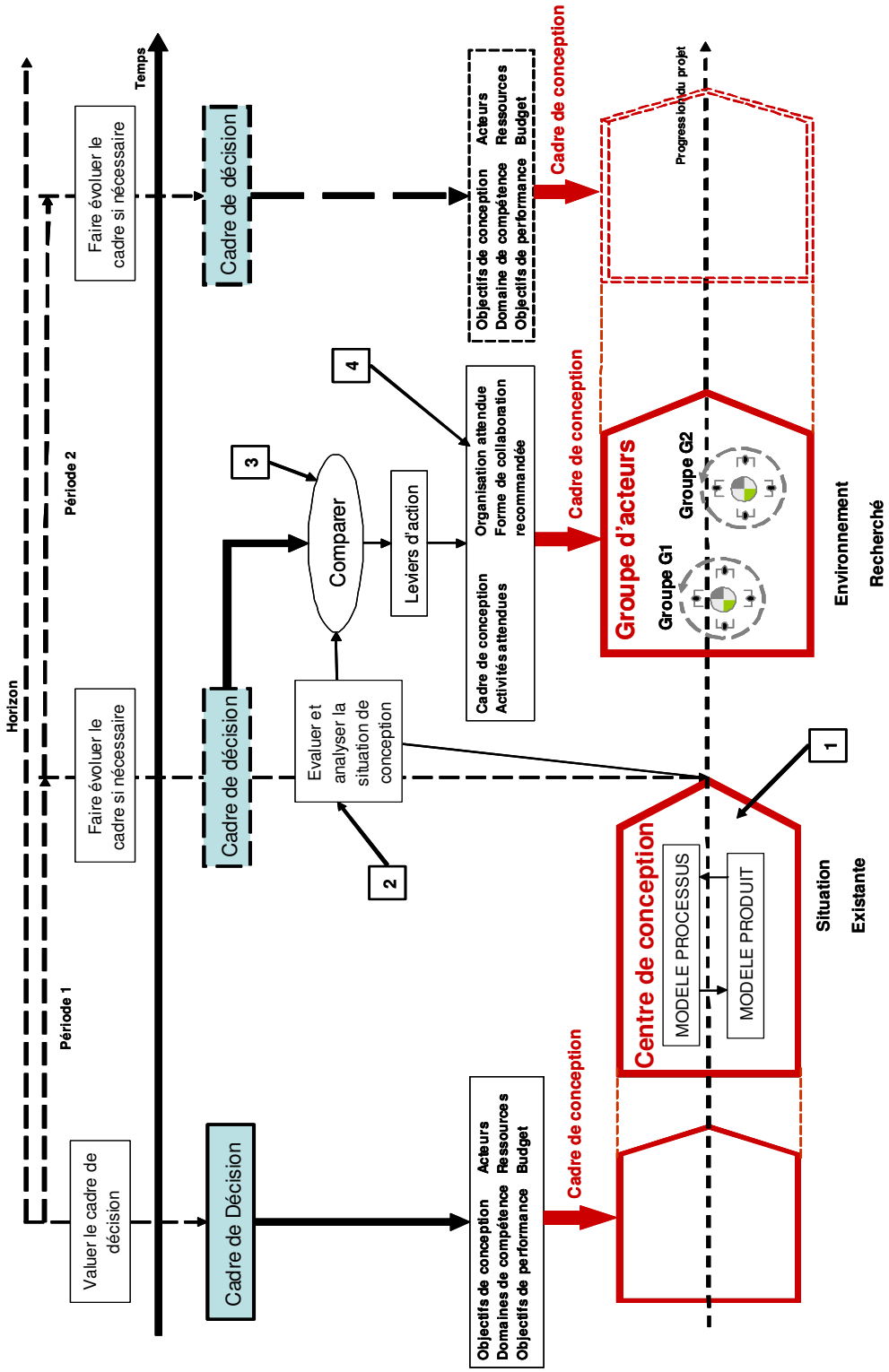


Figure 34. Pilotage du système par le biais des environnements de conception

A chaque période, le décideur jugera de la nécessité de faire évoluer ou non le cadre de conception et l'environnement de conception. Ceci se fera sur la base de la description de la situation de conception existante, de l'identification ou non d'un besoin de collaborer et des indicateurs de performance. Le décideur comparera ces éléments avec les objectifs qui lui ont été assignés par le cadre de décision et décidera alors de mettre en place ou non un environnement de conception pour faire évoluer efficacement le contexte de conception. Ainsi, en fonction des leviers d'action à sa disposition, il assignera un nouveau cadre de conception au centre de conception piloté mais il définira également :

- les activités qui devront s'y dérouler,
- les organisations à mettre en place en fonction des activités collaboratives,
- les formes de collaborations recommandées pour faciliter le travail collaboratif des acteurs du centre de conception.

Il en sera de même tout au long de la progression du projet (a priori à chaque période). Chaque évolution du système entraîne une possible modification des objectifs, des variables de décision (ou leviers d'action) et des indicateurs de performance associés, et donc des cadres de conception. Le système d'indicateurs de performance doit permettre de tenir compte de toutes les éventuelles modifications, à chaque étape du suivi de l'évolution, pour ainsi fournir des indicateurs toujours cohérents et adaptés vis-à-vis des objectifs, et pour agir sur les leviers d'action qui apporteront une action corrective sur le système si besoin est. Comme pour le suivi de l'évolution de l'entreprise, le système d'indicateurs de performance est conçu à l'aide de la démarche ECOGRAI. Dans cette démarche l'identification des objectifs de chaque centre est fondée sur les modèles obtenus lors des phases de modélisation à l'aide du modèle GRAI R&D. De part les éléments que nous avons mis en évidence dans le modèle d'évaluation les objectifs vont dépendre des acteurs, des connaissances et des environnements et ils concerneront le produit, le processus et l'organisation. De plus, en décrivant les influences mutuelles qui existent entre les acteurs, les savoirs et les environnements et les modèles produit, processus et organisation, le modèle d'évaluation met ainsi en évidence la dynamique des projets et les leviers d'action susceptibles d'influer chacun de ces éléments. Les objectifs du système et les leviers d'actions favorisant l'atteinte de ces objectifs étant identifiés, nous sommes en mesure de définir des indicateurs de performance adaptés qui permettront de juger de l'atteinte des objectifs tout en assurant qu'une action sera possible si une dérive est identifiée. Le modèle d'évaluation aide à l'identification des leviers d'action et à la définition des indicateurs de performance et complète la démarche ECOGRAI pour la mise en place d'un SIP pour le système de conception.

Comme nous l'avons déjà dit le déploiement des objectifs dans toute la structure et à chaque niveau décisionnel se fera en décomposant les objectifs suivant les trois axes du modèle et en intégrant les modèles produit, processus et organisation pour avoir un degré de description plus fin à la modélisation du système. L'ensemble des éléments du modèle offre la possibilité de définir et de considérer plus précisément l'influence de chacun sur le système de conception. La mise en évidence des objectifs et des éléments à prendre en compte pour améliorer la performance du système apporte une aide au chef de projet dans son activité de déploiement et de définition des objectifs de conception, des objectifs de performance, des variables de décision et des indicateurs associés pour les centres de conception qu'il pilote. Des objectifs liés au produit, au processus et à l'organisation seront mis en place, et dans le cadre de l'activité collaborative de conception, chaque interaction décrite sur la Figure 8 donne lieu aussi à des objectifs particuliers. L'atteinte de ces objectifs passe par l'identification des leviers d'action et des indicateurs associés qui permettent de juger de l'évolution de la situation et des moyens à mettre en œuvre pour atteindre l'objectif. Le Tableau 16 présente des exemples d'objectifs identifiables pour chaque interaction et les leviers d'action et les indicateurs associés.

Tableau 16. Exemples d'objectifs, de leviers d'action et d'indicateurs associés

Interaction	*Objectifs*	*Leviers d'action*	*Indicateurs associés*
Acteur / Artefact	Satisfaire les besoins, définir le produit, réduire la complexité, réduire les coûts, respecter la qualité demandée, innover,…	Connaissance produit, structure produit, système d'information,...	Méthodes de conception, maturité des données, données produit partagées,…
Acteur / Acteur	Faciliter le travail, collaborer, échanger des données,…	Procédure pour collaborer, définition des activités, interface de collaboration, mettre en place une forme de collaboration adaptée,…	• Qualité du réseau d'acteurs (liaisons entre acteurs, ressources mises en œuvre, liens entre les activités) • Habilité à maintenir la dynamique du groupe • Habilité à créer des relations avec des experts extérieurs • Nombre de lien "utilisés", nombre d'itérations, nombre de mails échangés • Qualité du contenu technique des échanges • Pertinence du choix des acteurs
Acteur / Groupe	Coordonner le travail, définir le projet, respecter les délais,…	Mécanismes de coordination, mécanismes de management des groupes de travail, mettre en place une forme de collaboration adaptée,…	• Nombre de lien crées, nombre d'itérations, nombre de mails échangés • Temps de création du réseau • Habilité à créer des relations avec des experts extérieurs • Habilité à créer la dynamique du groupe • Qualité du contenu technique des échanges • Pertinence du choix des acteurs
Groupe / Contexte	Augmenter les compétences des acteurs, utiliser des ressources internes ou externes,…	Standardisation, plan stratégique, organisation structurelle,...	• Capacité d'externalisation des résultats et de réutilisation de solutions déjà existantes • Nombre d'échanges avec d'autres groupes. Faculté d'adaptation aux évolutions du système

4 Conclusion

Dans ce chapitre nous nous sommes attachés à définir un modèle d'évaluation des systèmes de conception et une méthodologie d'évaluation de la performance des systèmes de conception. Le modèle d'évaluation des systèmes de conception que nous avons proposé identifie des vecteurs de performance globaux représentatifs de la performance globale de l'entreprise et des vecteurs de performance locaux propres à la performance du système de conception. Nous avons montré que l'ensemble des vecteurs de performance favorise l'identification des éléments des cadres de décision.

Le modèle d'évaluation vient compléter les différentes méthodes et les outils associés à la méthodologie GRAI en apportant une vision sur la performance des systèmes de conception. L'intégration des méthodes que nous avons décrites et de notre modèle d'évaluation dans une méthodologie unique permet de considérer et de répondre à l'ensemble de la problématique de l'évaluation de la performance des systèmes de conception. Les méthodes GIM et GRAI Ingénierie modélisent respectivement l'entreprise et le système de conception. Sur la base de ces modélisations, nous développons un système de mesure de la performance à l'aide de la démarche ECOGRAI, ce qui nous permet ainsi de suivre l'évolution de l'entreprise avec la démarche GEM et du système de conception grâce au modèle GRAI R&D complété par le concept d'environnement de conception. Cette méthodologie fournit un cadre de travail pour les décideurs et les aide à identifier, définir et déployer les éléments des cadres de décision et de conception à chaque niveau décisionnel. Les acteurs de la conception, quel que soit le niveau décisionnel auquel ils appartiennent, ont alors à leur disposition un ensemble cohérent et contextualisé d'informations venant cadrer leur activité et favoriser le déroulement de celle-ci.

Sur la base de ces propositions, nous avons développé une application informatique qui assiste les acteurs de la conception dans leurs activités. Cette application aide à la modélisation de l'entreprise et en particulier du système de conception, permet de suivre son évolution et de piloter les projets de conception. Le chapitre suivant présente l'étude et le développement du prototype de cette application informatique et montre l'utilisation du prototype dans le cadre d'un projet industriel de conception d'une vanne.

Chapitre 4

Prototype d'application informatique d'assistance aux acteurs

---

1 Introduction

Nous avons montré dans les chapitres précédents que l'amélioration des performances de la conception suppose une bonne maîtrise des flux de connaissances entre les acteurs collaborant. C'est en ce sens que nous avons étudié le système de conception, sa dynamique d'évolution et les vecteurs de performance en conception. Nous avons mis en évidence la nécessité de modéliser le système de conception pour mettre en place un système d'évaluation en vue de sa conduite. Cette modélisation du système doit tenir compte des environnements internes et externes, des acteurs de la conception, du savoir scientifique et technologiques et des interactions entre ces éléments par le biais des modèles produit, processus et organisation. La prise en compte de ces éléments de modélisation du système dans un outil d'aide aux acteurs a été étudiée dans les travaux que nous avons menés dans le cadre du projet IPPOP [IPPOP, 03]. Dans ce projet, notre objectif était de développer une application informatique opérationnelle permettant de supporter les besoins d'acteurs collaborant en conception et prenant en compte les influences mutuelles entre la connaissance du produit, l'évolution de celle-ci et le contexte dans lequel cette évolution est réalisée. L'application IPPOP permet de favoriser la collaboration entre les acteurs et donne les moyens de contrôler et piloter la réalisation des décisions prises. Elle s'intègre dans une démarche d'analyse, de description, d'évaluation et de suivi de l'évolution du système de conception. Le but étant de contrôler et de suivre l'évolution du système de conception tout en donnant aux acteurs la possibilité d'agir sur le système en vue d'atteindre les objectifs. Comme nous l'avons montré dans l'analyse des produits concurrents existants que nous avons mené dans le cadre du projet IPPOP, les outils classiques d'aide aux acteurs sont souvent mal adaptés aux pratiques et au mode de travail des acteurs car trop prédictifs (outils de planification et de gestion de projets, ou outils CAO par exemple). De plus, la prise en compte des vecteurs de performance influant sur le système de conception que nous avons identifiés et l'approche multi-points de vue (technologique, acteur, métier,…) nécessaire au bon déroulement d'une activité dans le cadre d'un travail collaboratif, ne sont que très rarement supportées [Roucoules, 99], [Wallace et Clegg, 01]. De nombreux projets ont tenté d'apporter des réponses au problème du multipoint

de vues mais souvent de façon peu concluante DICE [Sriram et Logcher, 92], IBDE [Fenves et Flemming, 94], ACL [Flemming et Aygen, 96] ou sont encore en cours de développement comme DCS [Coates et Duffy, 03] par exemple. Le projet IPPOP a abouti au développement d'un démonstrateur mais il ne prenait pas en compte l'ensemble des éléments nécessaires à la modélisation et au suivi du système de conception. Ce constat nous a conduit à reconsidérer et à compléter les travaux menés dans IPPOP. Nous avons ainsi redéfini une partie des concepts du projet et nous avons développé un nouveau prototype d'application informatique d'assistance aux acteurs de la conception.

La première partie du chapitre s'attache à définir les spécifications générales pour le développement du prototype de l'application informatique. L'objectif est de valider les besoins fonctionnels identifiés dans les chapitres précédents ainsi que les besoins en Interfaces Homme Machine (IHM) des utilisateurs. Nous décrirons en particulier nos orientations en terme de décomposition et de représentation du système et en terme de description des acteurs.

La seconde partie décrit les diagrammes des cas d'utilisation et les diagrammes de classes que nous avons établis sur la base des spécifications générales et des concepts que nous avons préalablement identifiés. Les diagrammes de cas d'utilisation permettent de mettre en évidence les fonctions principales de notre système du point de vue de l'utilisateur et les diagrammes de classes offrent la possibilité de décrire la structure statique des relations entre les éléments du système.

Enfin, la dernière partie présente les Interfaces Homme Machine que nous avons développées en nous appuyant sur un cas d'étude industriel. Nous concluons alors sur l'intérêt de cette application d'assistance et sur les perspectives qu'elle offre tant au niveau de la conduite du système de conception qu'au niveau de l'évaluation et du pilotage des projets de conception.

2 Spécifications générales pour le développement du prototype

2.1 Décomposition et définition du système de conception

Nous avons vu que pour suivre l'évolution du système de conception il fallait avoir à la fois une vision macroscopique du système et de ses interactions avec son environnement mais aussi une vision microscopique représentative de la structure décisionnelle et des activités qui

ont lieu en son sein. La vision macroscopique concerne l'entreprise et son environnement. Les méthodes de modélisation que nous avons présentées dans le chapitre précédent décrivent l'entreprise en fonction des vues fonctionnelle, décisionnelle et informationnelle. Le prototype devra représenter l'entreprise en tenant compte de ces trois vues. La vision microscopique est relative à la décomposition des projets. Elle permet de décrire l'organisation des processus et des activités qui composent les projets qui se déroulent au sein du système. La mise en évidence de façon claire de cette décomposition d'un point de vue hiérarchique, structurel et décisionnel est un facteur important pour l'organisation globale du système de conception. Il faut que les responsabilités et le rôle de chacun puissent apparaître clairement afin de gérer l'évolution du projet et donc du système. Pour ce qui est de la structuration des projets, nous nous baserons sur l'architecture générale mettant en œuvre des projets, des sous-projets et des tâches. Cette structuration se fait en prenant comme critère soit la structure du produit (nomenclature), soit la structure de l'entreprise (fonctions de l'entreprise), soit des structures de type organisationnel (plateau, fonction métiers, …).

2.2 Description des acteurs de la conception

La description des acteurs sera faite au préalable par l'administrateur de l'application. Les acteurs seront décrits en terme de compétences, de niveau décisionnel et de rôle. La base de données pourra être complétée au cours du déroulement des projets par le service des ressources humaines et l'ensemble des chefs de projet, sous l'autorité de l'administrateur. Un acteur est caractérisé par un niveau décisionnel qui dépend de son positionnement au sein de la structure décisionnelle. Si la prise de décision de l'acteur concerne la stratégie de l'entreprise, l'acteur sera caractérisé par un niveau stratégique et respectivement pour les niveaux tactique et opérationnel. C'est la structuration de chaque projet qui indiquera aux acteurs, par le biais de l'application, leur niveau décisionnel pour le projet concerné. Pour ce qui concerne les rôles, il en est de même. Chaque acteur pourra avoir le rôle de « coordonnateur » et celui de « concepteur » suivant les projets. Le coordonnateur est celui qui agit sur le système de conduite. Il a en charge l'organisation du système de conception. Il apportera des éclairages sur l'organisation et sur les processus en terme de modélisation, de définition et de suivi. Il s'inscrit ici dans une démarche de management dynamique et c'est en ce sens que l'application apportera une aide non négligeable au coordonnateur, en lui fournissant les informations pertinentes au bon moment. Le concepteur est celui qui agit au sein du système opérant et qui contribue à la définition du produit au regard des objectifs assignés au processus de conception. Ses apports seront donc essentiellement liés à la

compréhension, l'assimilation et l'évolution des éléments purement techniques tout au long du processus de conception. Ainsi, vis à vis du concepteur, l'application doit favoriser les démarches de capitalisation et de réutilisation des connaissances métier. Dans tous les cas, le rôle d'un acteur dans un projet sera toujours défini par un supérieur hiérarchique (au sens de la coordination) du niveau décisionnel supérieur.

2.3 Choix technologiques pour la conception de l'application

Tout au long d'un projet de développement d'un outil logiciel, il faut être attentif aux critères de conformité, de fiabilité, de sécurité, de dimensionnement et de maintenabilité de l'outil [Morlay, 01]. Pour ce faire nous baserons notre démarche sur celle proposée par les concepteurs du langage UML (Unified Modelling Language) [Quatrani 00]. Ce choix est justifié par le fait que la méthode est très structurante. Elle s'articule autour des phases de modélisation des besoins, d'analyse, de conception, d'implémentation, de test et de déploiement. La mise en œuvre de la démarche s'appuie sur huit modèles représentés par autant de diagrammes qui sont réalisés en respectant une chronologie précise. Elle se focalise sur la description fonctionnelle du système d'information de façon à pouvoir décrire globalement ses fonctionnalités principales vis-à-vis des acteurs. Dans un souci de clarté, nous ne présenterons ici que deux types de diagrammes : les diagrammes des cas d'utilisation qui permettent de mettre en évidence les fonctions principales de notre système du point de vue de l'utilisateur et les diagrammes de classes qui offrent la possibilité de décrire la structure statique des relations entre les éléments du système.

3 Diagrammes des cas d'utilisation

3.1 Modélisation du système de conception : vue administrateur

Dans le chapitre précédent nous avons proposé de modéliser l'entreprise et le système de conception à l'aide de méthodes fondées sur la méthodologie GRAI. Cette description met en évidence leur structure fonctionnelle (environnements internes et externes) et leur structure décisionnelle, structures au sein desquelles nous retrouvons les ressources humaines et matérielles (acteurs), les compétences et capacités des ressources (savoir scientifique et technologique), ainsi que l'ensemble des éléments de description propres à la méthodologie GRAI (centres et cadres). Ce travail de modélisation est effectué par un des membres de l'entreprise ou par un consultant externe. Cette personne aura le rôle d'administrateur de la base de données et c'est elle qui réalisera la première implémentation de la base. Ainsi, les

diagrammes des cas d'utilisation relatifs à la modélisation de l'entreprise et du système de conception contiennent l'ensemble des éléments que nous avons décrits et identifie leurs interactions mutuelles et avec l'administrateur (Figure 35).

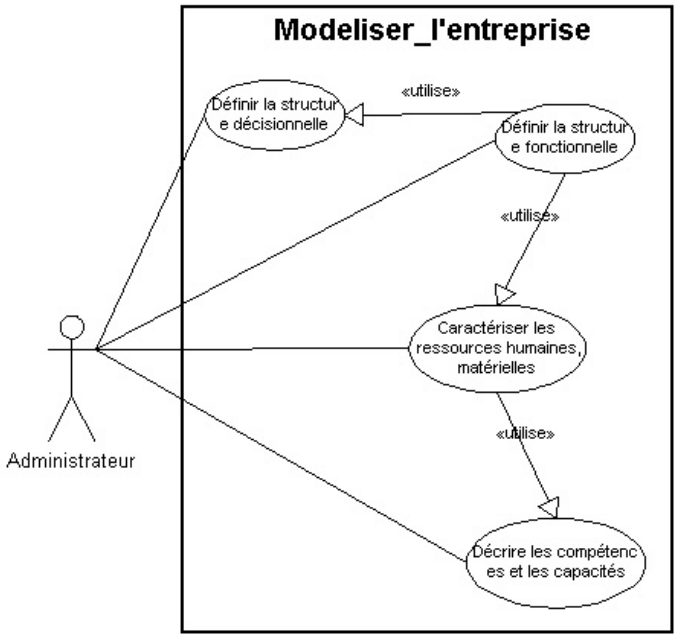


Figure 35. Diagramme de cas d'utilisation pour la modélisation de l'entreprise

Lors de la phase de définition de la structure fonctionnelle l'administrateur identifie les services de l'entreprise, les activités qu'ils regroupent et les relations qui existent entre eux (Figure 36).

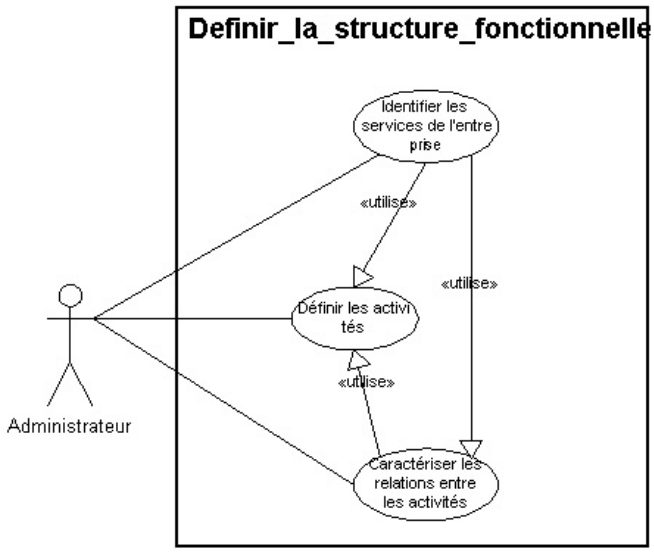


Figure 36. Diagramme de cas d'utilisation pour la définition de la structure fonctionnelle

La structure décisionnelle regroupe l'ensemble des centres et des cadres de décision et les flux d'informations qui sont échangés. La structure décisionnelle complète la structure fonctionnelle en apportant une vision dynamique fondée à la fois sur l'organisation de l'entreprise et sur les échanges « décisionnels » et « informationnels » au sein de la structure. L'administrateur caractérise les centres de décisions et identifie les vecteurs d'échanges (cadre de décision ou simple flux d'informations) (Figure 37).

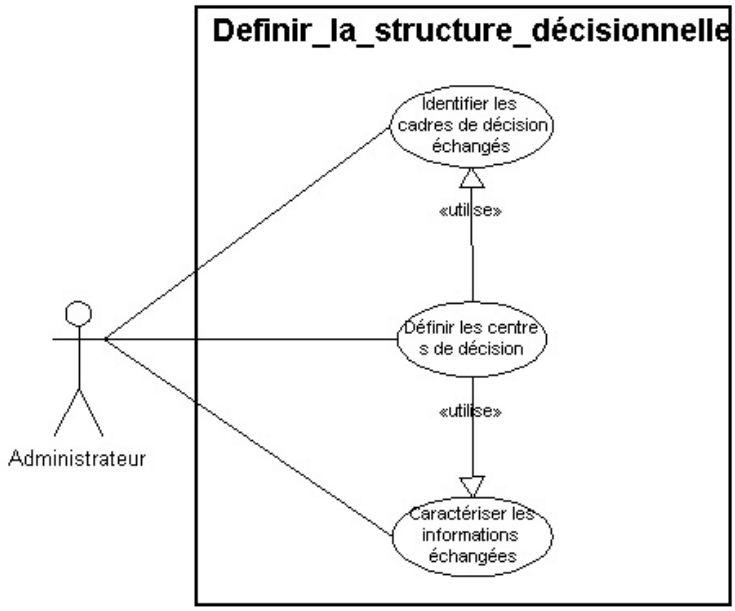


Figure 37. Diagramme de cas d'utilisation pour la définition de la structure décisionnelle

Lorsque l'administrateur a saisi l'ensemble de ces informations, la base de données est opérationnelle. Les éléments et leurs interactions que nous avions identifiés dans notre modèle au chapitre 3 (Figure 25) sont bien présents, nous avons donc ici le modèle statique du système de conception. Le modèle va acquérir sa dynamique dès lors que les acteurs feront vivre la base de données en utilisant l'application dans le cadre de leurs activités de conduite ou de conception. Le paragraphe suivant présente les diagrammes de cas d'utilisation que nous avons développés dans le cadre de la conduite du système de conception, du point de vue des utilisateurs finaux.

3.2 Conduite de la conception

Le système de conception est modélisé et les acteurs de la conception vont donc pouvoir débuter leurs activités. La définition de la structure décisionnelle et des cadres de décision a permis d'identifier les échanges entre les services, la création d'un projet marquera donc l'initialisation des collaborations. Lors de cette phase de création, un acteur qui aura été

désigné comme étant le chef du projet s'identifiera, créera le projet qui sera alors automatiquement enregistré dans la base de données. L'acteur organisera ensuite son projet. Au cours de cette phase, il décomposera le projet en sous-projets (si besoin est) pour lesquels il définira les cadres de décisions. Il constituera un groupe projet en sélectionnant les ressources dans les services avec lesquels il aura à travailler, créera un processus en fonction des activités de chaque service. Lorsque qu'il estimera que son activité d'organisation est terminée, il pourra alors lancer le projet. L'ensemble des informations sur le projet et les cadres de décision seront publiés auprès des membres du groupe. Chaque acteur recevra le cadre de décision qui le concerne et les informations nécessaires à son activité et il pourra lui aussi, si il est identifié comme étant un coordonnateur, décomposer le projet en sous-projets si besoin est. Les acteurs identifiés comme faisant partie du niveau stratégique lanceront les projets. Ils sont au niveau de la direction générale et ont un fort pouvoir décisionnel. Ils mettent en place les axes stratégiques du projet et conduisent le niveau tactique. Ils décomposent le projet en plusieurs sous-projets sur la base d'une décomposition fonctionnelle du projet. Ces sous-projets seront à nouveau décomposés par les acteurs du niveau tactique qui ne pourront quant à eux gérer que des sous-projets et les décomposer en tâches à effectuer par les acteurs du niveau opérationnel. Ils seront le lien entre les niveaux stratégique et opérationnel et contribueront au déploiement des objectifs généraux au niveau opérationnel. Enfin les acteurs du niveau opérationnel n'auront pas la possibilité de créer un quelconque projet ou sous-projet. Ils n'interviendront réellement que lors de la phase de mise en place et de réalisation des tâches. Les coordonnateurs de ce niveau pourront définir un plus précisément les tâches qui doivent être réalisées sous la forme d'un processus et les « concepteurs » devront les mener à bien en fonction des objectifs fixés. Les acteurs de ce niveau mettent en œuvre la réalisation des tâches et en assurent la coordination.

Par la suite, les créateurs des projets et sous-projets suivront leur évolution et pourront les clôturer. La conduite de la conception va donc se dérouler en cinq phases (Figure 38):

- la phase de création du projet
- la phase d'organisation du projet
- la phase de lancement du projet
- la phase de suivi du projet
- la phase de clôture du projet

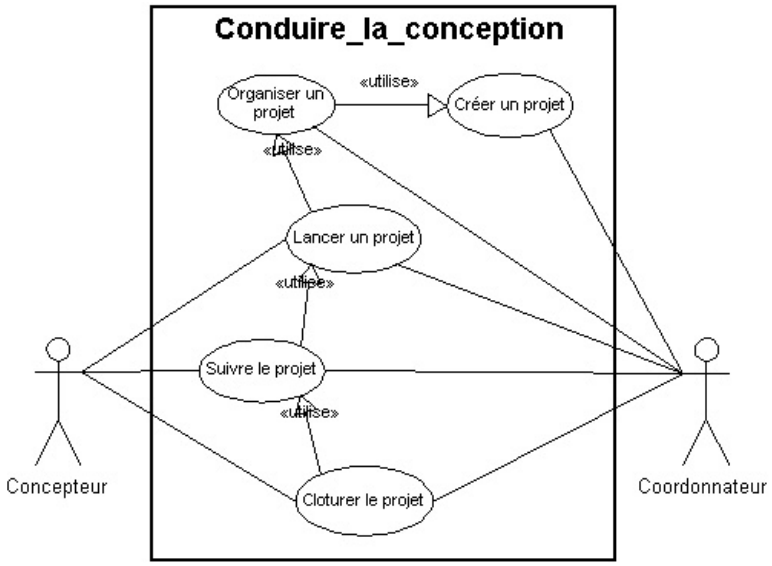


Figure 38. Diagramme de cas d'utilisation pour la conduite de la conception

Nous ne présenterons par la suite que les diagrammes de cas d'utilisation relatifs aux phases d'organisation et de suivi du projet car ces phases mettent en évidence l'ensemble des éléments de description que nous avons décrits dans les chapitres précédents et qui sont primordiaux pour la conduite du système de conception.

3.2.1 Organisation des projets de conception

Comme nous l'avons vu c'est au cours de cette phase que l'acteur chargé du projet décomposera le projet en sous-projets, définira les cadres de décisions (ou de conception), constituera un groupe projet et créera un processus (Figure 39).

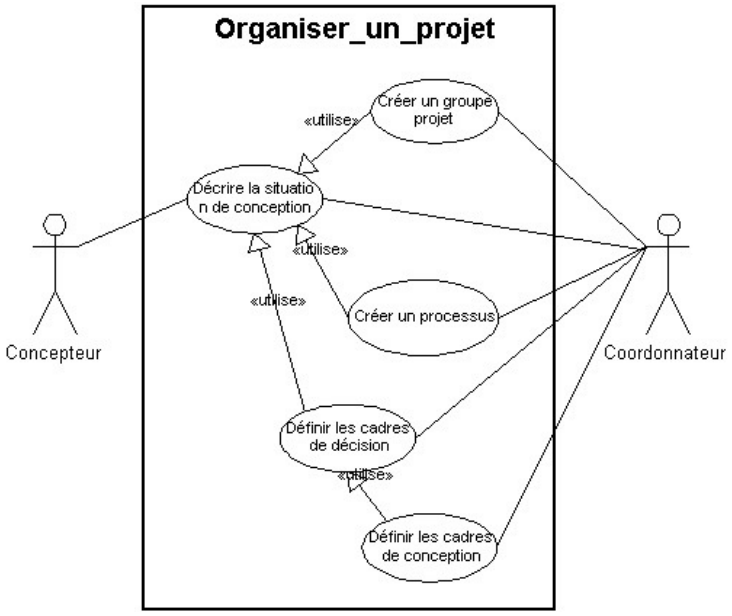


Figure 39. Diagramme de cas d'utilisation pour l'organisation d'un projet

Ainsi, pour mener à bien l'ensemble de ces activités, le chef de projet doit avoir à sa disposition une description précise de la situation de conception.

3.2.1.1 Description de la situation de conception

Une situation de conception peut être définie comme une image à un instant donné du système technologique (système où s'opère la transformation de conception). Tout comme le système évolue, la situation évolue avec le système qu'elle représente. Le système technologique passe par une succession d'états (initial, transitoire, final). La notion d'état semble donc bien adaptée à la caractérisation d'une situation de conception. On va ainsi chercher à définir quels sont les paramètres du vecteur d'état (ensemble de paramètres avec lesquels on observe un système) qui va permettre de caractériser une situation de conception. Ces paramètres devront être représentatifs de l'état actuel de la conception de tous les projets, des ressources mises en œuvres et de l'environnement extérieur de l'entreprise. Cela se traduira par la prise en compte d'informations sur le produit, le processus et l'organisation des activités en cours (intégration des modèles produit, processus et organisation). Elles seront complétées par des informations sur les ressources. D'une part elles vont concerner les acteurs et en particulier leur disponibilité, leurs activités et leurs compétences. Le but est ici d'avoir une cartographie des ressources humaines pour allouer les acteurs aux différents groupes de travail qui seront mis en place pour répondre aux exigences du projet. D'autre part des informations sur les ressources matérielles et financières devront être prise en compte, pour juger des moyens qu'il est possible de mettre en œuvre. Enfin des informations sur l'environnement extérieur du processus viendront compléter cette description. Elles sont nécessaires par exemple dans le cadre de collaboration avec des entreprises partenaires ou pour identifier des compétences d'un sous-traitant. Nous cherchons à discrétiser pour mieux appréhender et mieux définir ce qu'est une situation de conception (Figure 40).

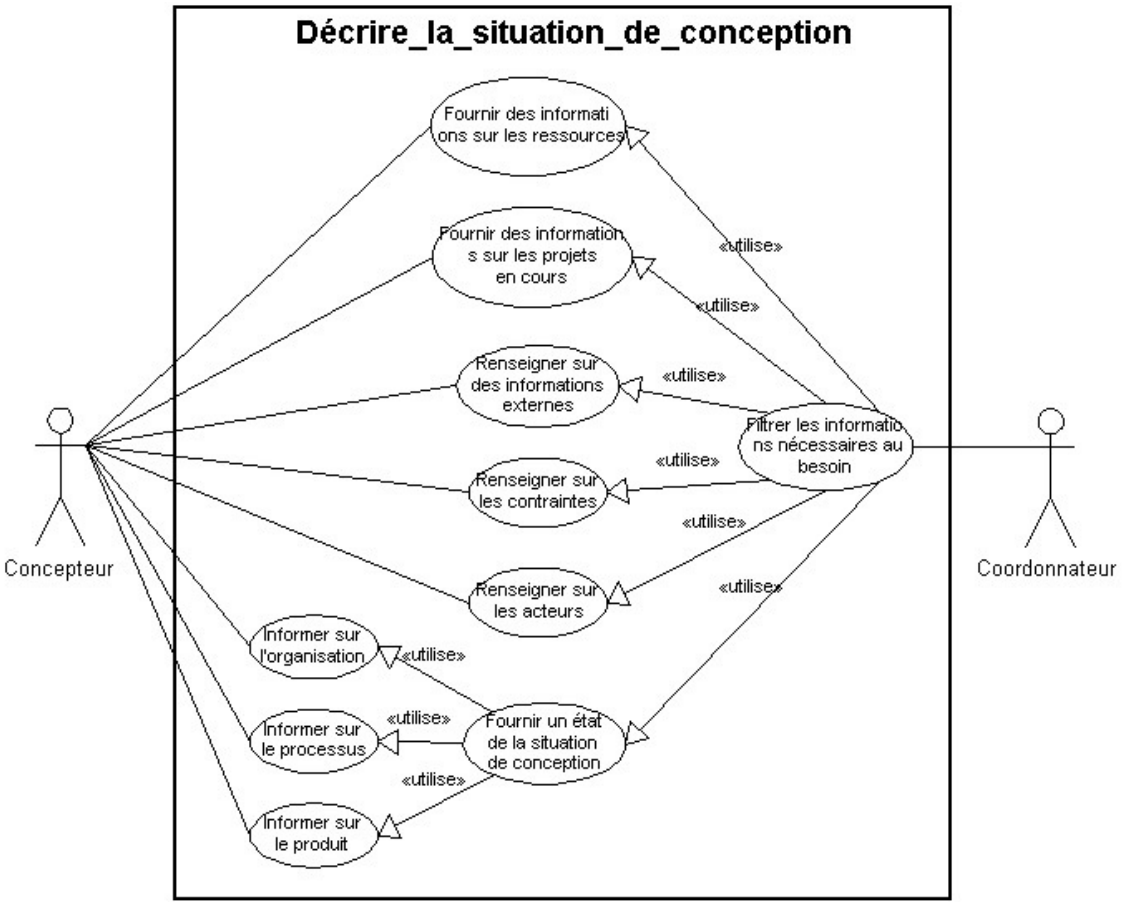


Figure 40. Diagramme de cas d'utilisation de description de la situation de conception

3.2.1.2 Définition des cadres de décision et des cadres de conception

Lorsque les paramètres de la situation sont identifiés il faut s'intéresser à leurs interactions. La mise en évidence de ces interactions permet de déterminer les paramètres qui vont avoir une influence sur les autres et sur la situation de conception de telle sorte qu'il sera alors possible de les utiliser pour faire évoluer favorablement la future situation de conception (au regard des objectifs du client et de l'entreprise) que la précédente. Sur la base de ces informations, l'acteur en charge de l'organisation d'un projet (ou d'un sous-projet) pourra définir les cadres de décision et les cadres de conception (Figure 41) et (Figure 42).

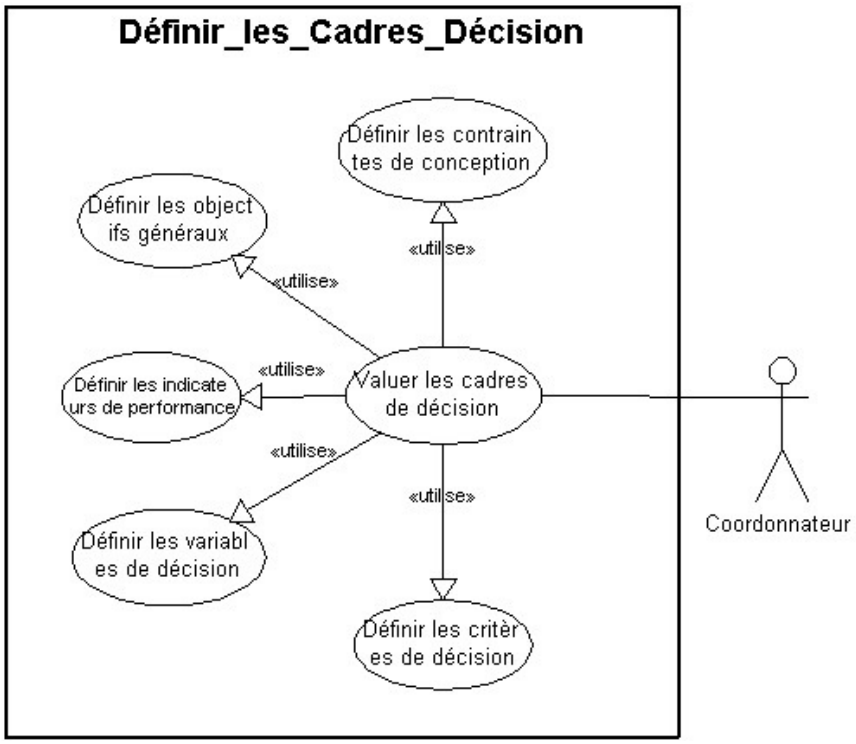


Figure 41. Diagramme de cas d'utilisation pour la définition des cadres de décision

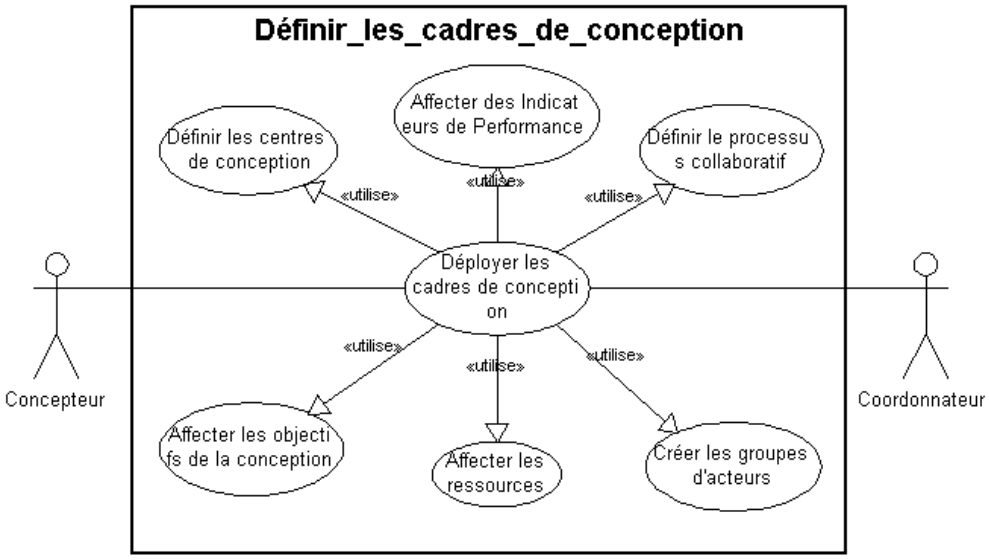


Figure 42. Diagramme de cas d'utilisation pour la définition des cadres de conception

La description de la situation de conception sera l'un des paramètres clé dans la définition des cadres et en dans la création des environnements de conception. Mais cette description donne un état général du système sans forcément faire apparaître tous les éléments nécessaires à la conduite du système et au pilotage du processus de conception. C'est pour cela qu'elle doit être complétée par une phase de suivi du projet.

3.2.2 Suivi de l'évolution d'un projet

Pour être réactif le coordonnateur doit suivre l'évolution des projets (ou des sous-projets) qu'il a créés. C'est au cours de ce suivi que les indicateurs de performance seront comparés aux objectifs de la conception pour voir si l'organisation mise en place apporte bien satisfaction ou si elle doit évoluer pour permettre d'atteindre les objectifs de la conception. Le suivi va se traduire par une prise d'informations sur le processus de conception (fournir les résultats de la conception et mesure des IP) puis la comparaison de ces données avec les objectifs de conception dans le but de juger de l'adéquation entre le processus mis en place et les objectifs à atteindre (Figure 43). C'est la richesse, la qualité et la disponibilité des informations concernant le produit, le processus et l'organisation qui permettront au décideur (ou coordonnateur) de prendre la bonne décision.

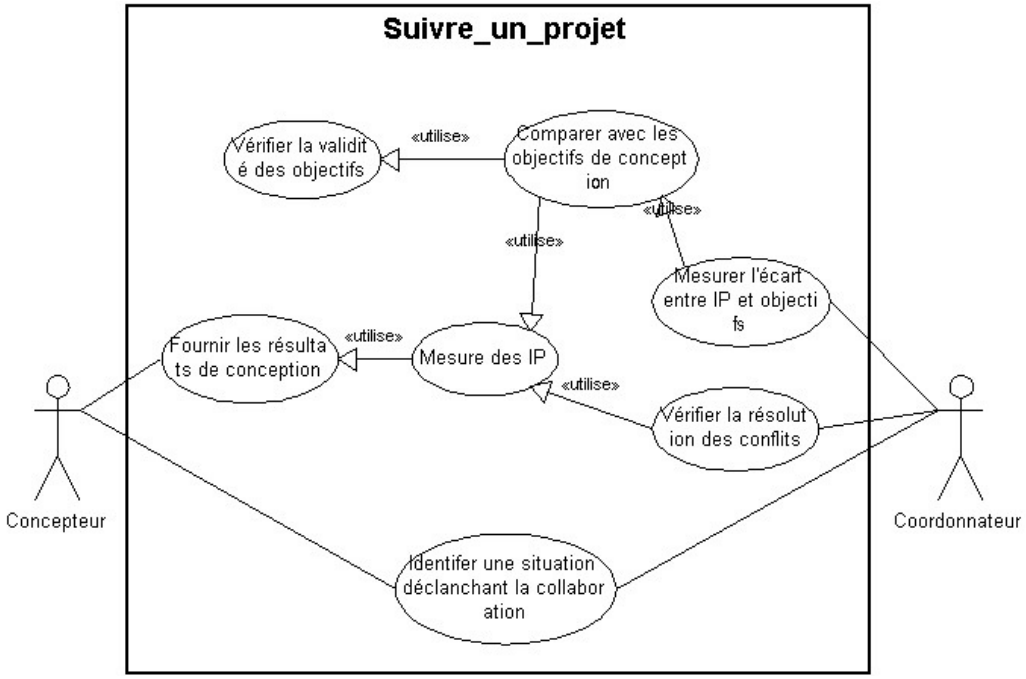


Figure 43. Diagramme de cas d'utilisation pour le suivi d'un projet

Ce suivi est primordial car c'est lui qui assure l'adéquation entre objectifs à atteindre et moyens mis en œuvre. Ainsi, par les résultats qu'il fournira, ce suivi influencera directement toute la phase de conduite de la conception. Nous constatons que ce suivi dépend fortement du concept d'horizon/période appliqué aux décisions. Chaque fois qu'une décision sera remise en cause à une période donnée, on analysera la situation à cet instant. La situation observée sera comparée aux objectifs (du client et de l'entreprise) à atteindre et on mesurera la différence entre le réel et l'attendu. Cet écart entraînera la mise en place d'un environnement adapté pour réduire la différence entre la situation réelle et les objectifs à

atteindre. De plus c'est aussi au cours de cette phase que le besoin de collaboration sera détecté (défaut d'information, ressource ou compétence non disponible, conflit sur une donnée, données d'interface, besoin exprimé par un acteur,…). Ceci permettra de mettre en place (ou de faire évoluer) l'environnement de conception le mieux adapté pour répondre au besoin de collaboration.

3.2.2.1 Identification du besoin de collaboration

L'identification du besoin de collaborer va être le point de départ de la phase de création d'un environnement de conception. Plusieurs types de situations déclenchant un besoin de collaboration ont été identifiés (Figure 44).

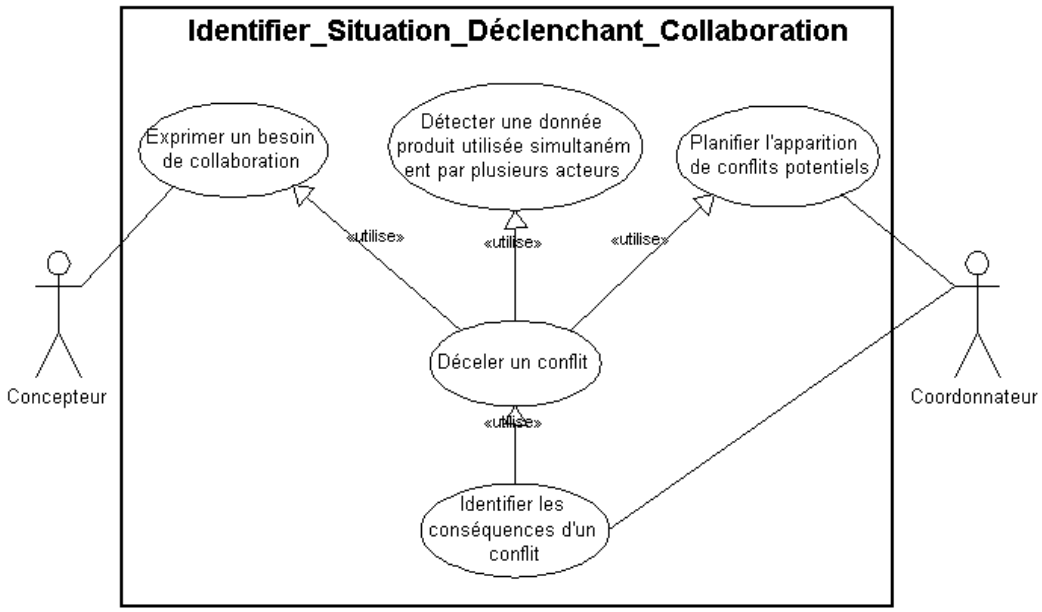


Figure 44. Diagramme de cas d'utilisation pour l'identification du besoin de collaborer

D'une part, le besoin peut être directement exprimé par un acteur de la conception. Cela peut correspondre au fait que l'acteur se trouve face à un problème qu'il ne peut résoudre seul. D'autre part, il est possible qu'un problème apparaisse lors du processus de conception, lorsque les activités de deux ou plusieurs acteurs interfèrent sur une même donnée. Il va alors falloir les faire collaborer pour qu'ils puissent juger ensemble des actions à mener pour résoudre le conflit et pour que celui-ci ne perturbe pas trop leurs activités. Enfin, la lisibilité que peut avoir le coordonnateur sur un processus de conception et sur les activités qui le composent peut lui permettre de planifier certains besoins de collaboration. Quel que soit le type de besoin de collaboration le chef de projet pourra identifier la forme de collaboration (Chapitre 2, §3.3) la plus adaptée pour résoudre le conflit.

4 Diagrammes de classes associés

L'ensemble des diagrammes de cas d'utilisation que nous avons présenté, nous a permis d'établir un diagramme de classes en vue du développement de notre prototype d'application. Ce diagramme permet d'identifier les éléments qui composeront la base de données et les interactions qu'ils auront les uns avec les autres. Nous avons identifié dans le paragraphe précédent que les paramètres permettant de caractériser une situation de conception devaient concerner des informations sur le produit, le processus et l'organisation des activités en cours. Mais aussi des informations sur les ressources humaines et matérielles, ainsi que sur l'environnement extérieur du processus. Ainsi, la présentation du diagramme de classes se fera en trois parties centrées sur l'organisation du projet (pour mettre en évidence les influences de l'environnement extérieur), sur les différentes ressources et sur le processus de conception lui-même avec les visions produit, processus et organisation.

4.1 Diagramme de classes relatif à l'organisation du projet

La définition de l'organisation du projet doit mettre en évidence les interactions entre l'environnement extérieur et les composantes du projet. Nous avons montré dans les chapitres précédents que la prise en compte de ces influences était effective au niveau du modèle GRAI R&D par le biais des objectifs, des contraintes, des variables de décision et des critères qui apparaissent dans les cadres de décision. Ainsi, le diagramme de classes relatif à l'organisation du projet devra contenir des éléments propres à la structure fonctionnelle de l'entreprise (organisation en sites et en service) mais aussi des éléments relatifs aux concepts du modèle GRAI R&D pour ce qui est de représenter sa structure décisionnelle. Nous aurons donc des classes représentant les sites, les services, les centres, les cadres, les objectifs, les variables de décision, les contraintes, les critères et les indicateurs de performance. Ces classes seront complétées par des classes identifiant le niveau décisionnel, l'horizon et la période. L'ensemble de ces classes fournit les premiers éléments de description d'un projet et des activités qui le composent (Figure 45).

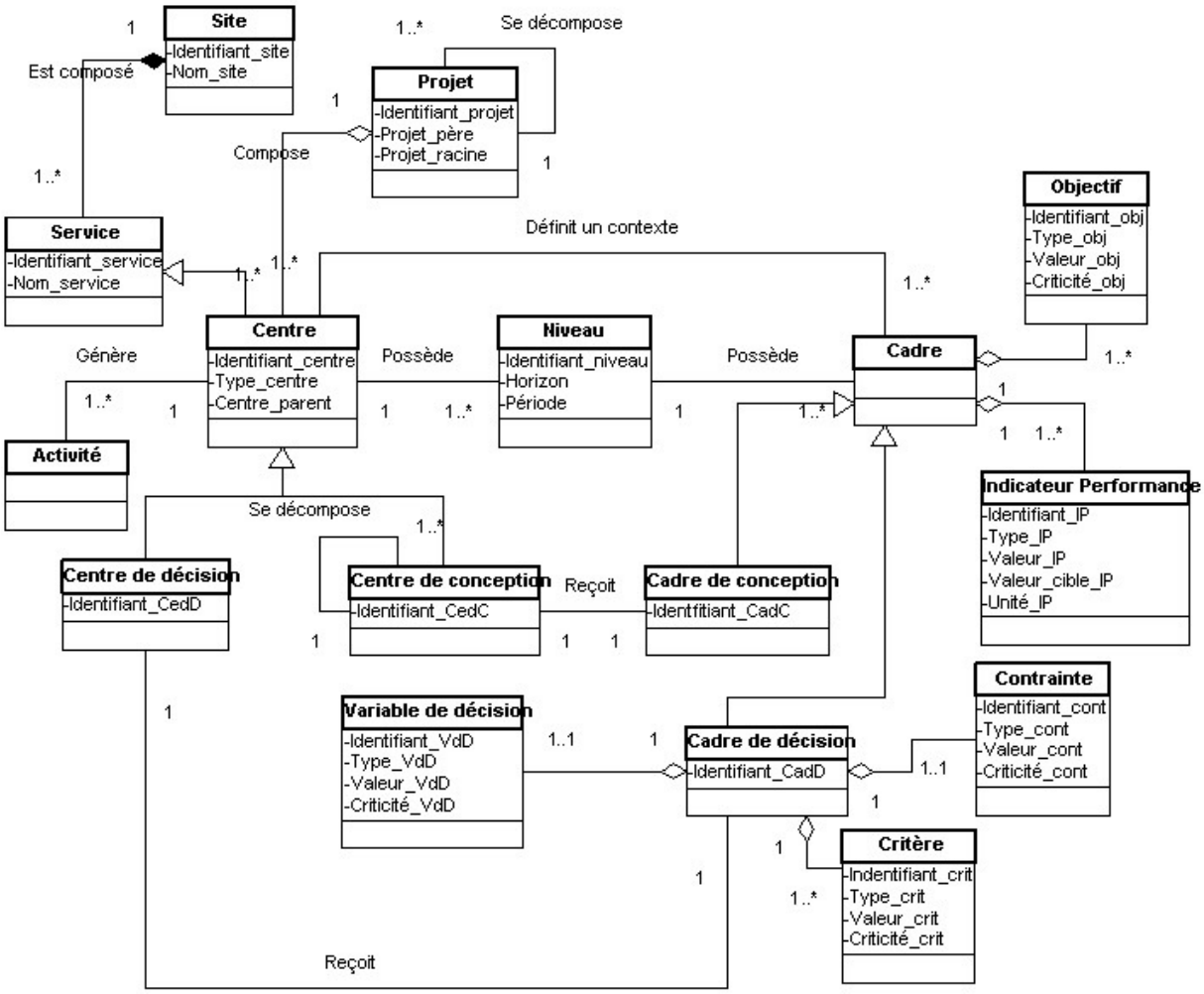


Figure 45. Diagramme de classes relatif à l'organisation du projet

4.2 Diagramme de classes relatif à la description des ressources

Les ressources sont essentiellement de trois types : humaines, matérielles et informationnelles. Nous avons donc tout naturellement créée des classes associées à ces trois types de ressources. Nous avons complété la classe relative aux ressources humaines en spécifiant des classes offrant l'opportunité de décrire précisément les compétences des acteurs (Figure 46).

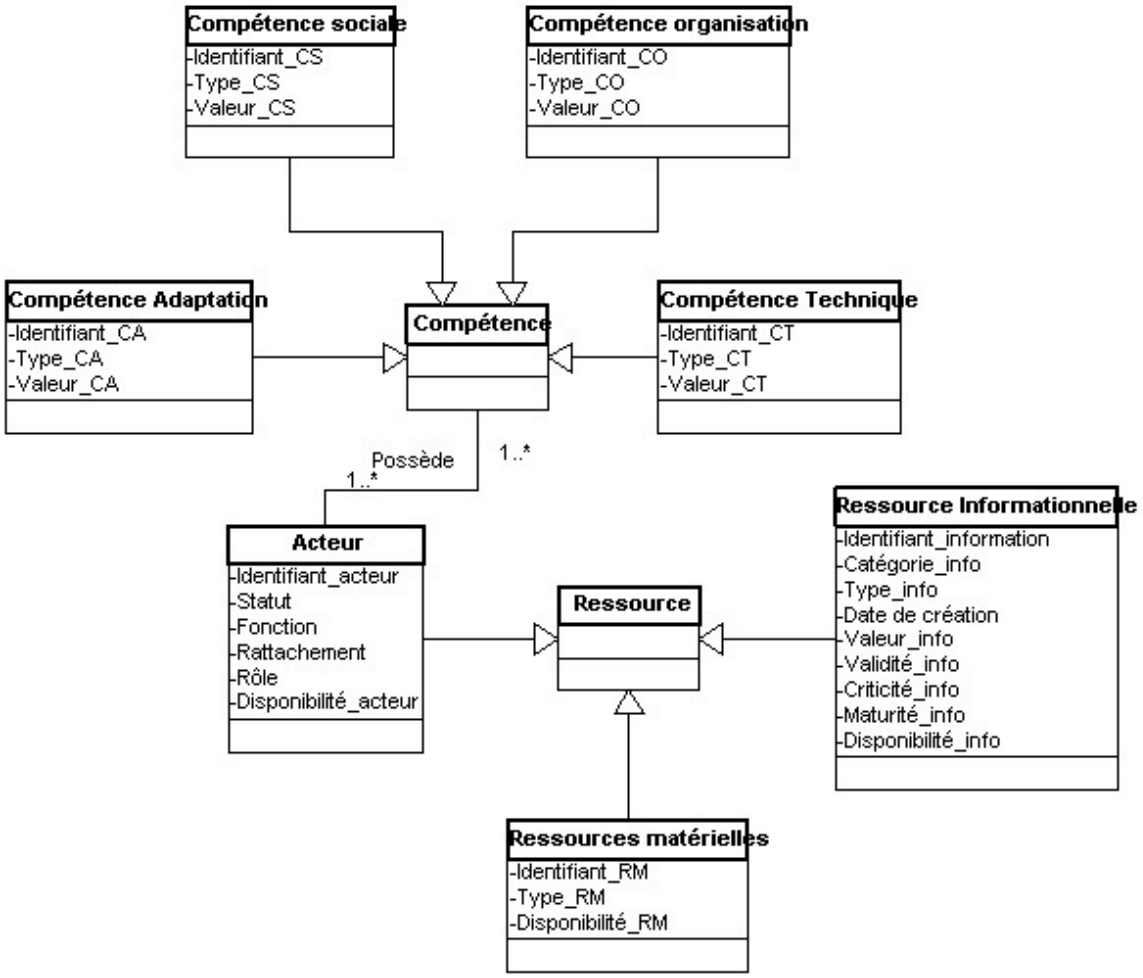


Figure 46. Diagramme de classes relatif aux ressources

C'est la classe ressource qui fait le lien avec le diagramme de classe relatif à l'organisation par le fait qu'il existe une liaison « est affecté » entre la classe « ressource » et la classe « cadre » (Figure 48). Ces classes sont tout naturellement reliées car les ressources sont affectées au projet lors de la création des cadres.

4.3 Diagramme de classes relatif au processus de conception

Le diagramme relatif au processus a pour objectif de participer à la création d'une approche processus qui tendrait à intégrer les visions produit, processus et organisation. Dans les chapitres précédents nous avons montré qu'aucun modèle ne proposait une telle intégration mais que les modèles de Nowak et Labrousse étaient les plus aboutis et couplaient les visions produit et processus. Ainsi, nous reprendrons la majeure partie de leurs travaux pour construire notre diagramme de classes produit-processus (Figure 47).

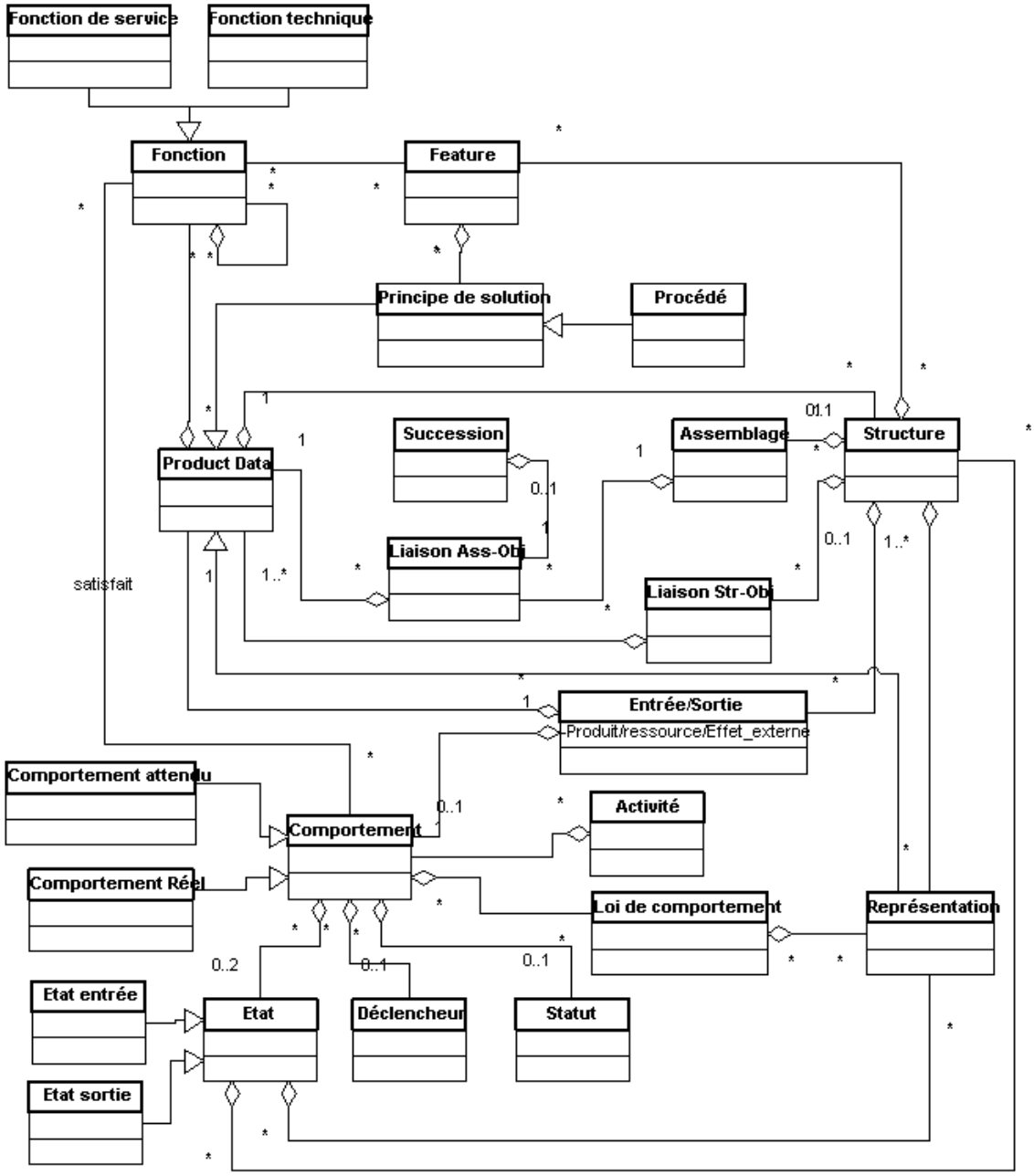


Figure 47. Diagramme de classes relatif au processus de conception

Ce diagramme vient compléter le diagramme de classes « organisation » décrit précédemment par l'intermédiaire de la classe « activité » pour ainsi obtenir un modèle intégré des visions produit, processus et organisation au sein de notre diagramme de classes global (Figure 48). Même si des éléments relatifs au produit apparaissent sur le diagramme de classes, nous ne considérerons pas l'évolution du produit. Nous nous sommes pour le moment focalisés sur le processus de conception et l'organisation mise en place pour atteindre les objectifs de conception et de performance. Nous intègrerons le modèle produit et les outils associés (outils de CAO, PDM, SGDT, etc.) que dans nos développements futurs.

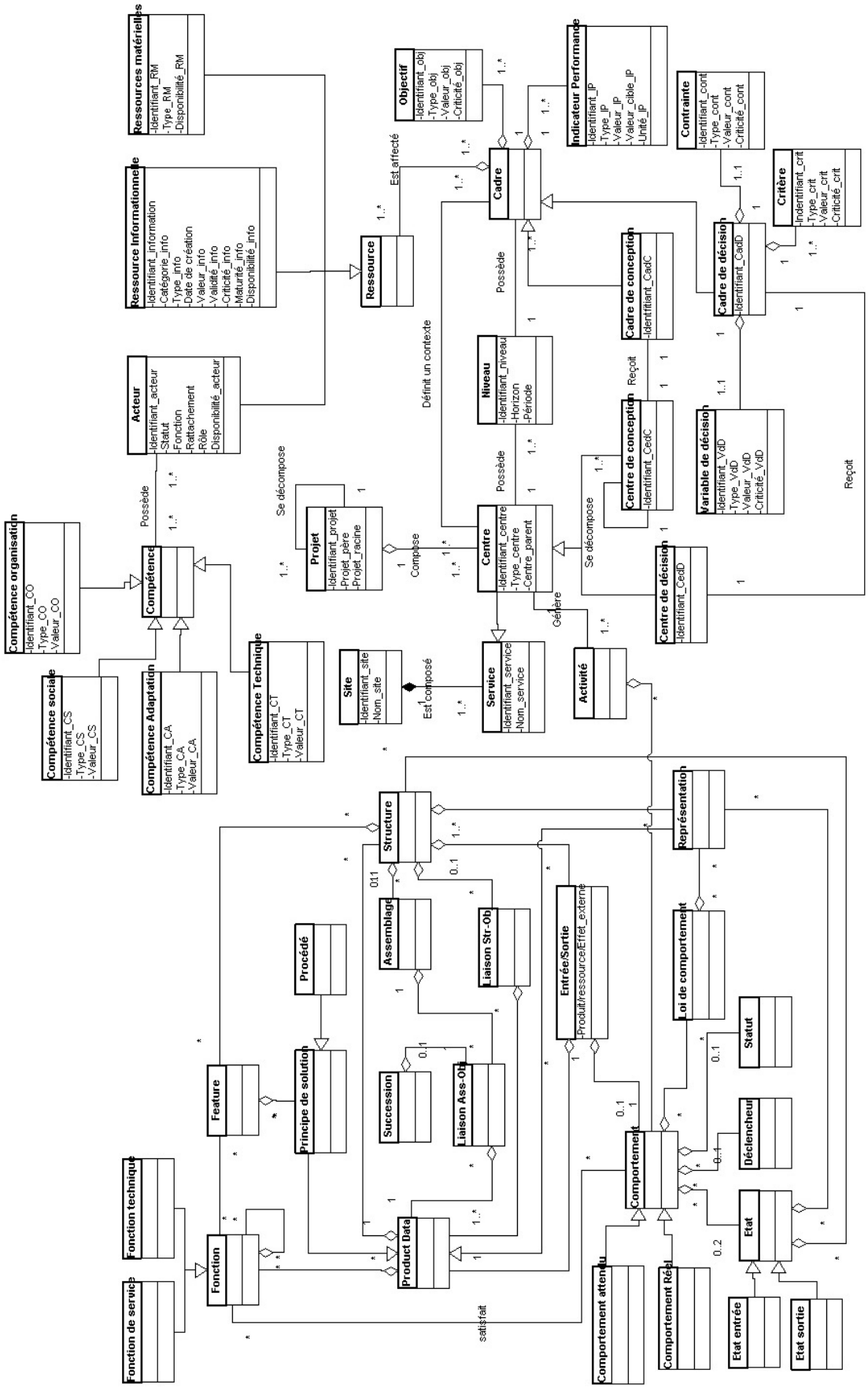


Figure 48. Diagramme de classes complet de notre application informatique

5 Présentation des Interfaces Homme Machine

Nous allons présenter dans ce paragraphe les Interfaces Homme Machine (IHM) que nous avons développées. Elles sont implémentées avec des données provenant d'une simulation de l'utilisation de notre prototype sur la base d'une étude de cas industrielle. L'utilisation de l'application se déroule en deux phases distinctes. Une phase de modélisation de la structure fonctionnelle et décisionnelle de l'entreprise et de ses ressources qui conduit à l'implémentation de la base de données par l'administrateur. Puis une phase d'utilisation de l'application par les acteurs de la conception lors de la réalisation de leurs activités.

5.1 Choix technologiques pour la programmation de l'application

Comme nous voulions que notre application soit open source et soit facilement et rapidement utilisable en réseau, les IHM ont été développées en langage PHP. Ce langage est très utilisé dans le développement des sites Internet et offre l'avantage d'être un langage de script, non compilé, interprété directement par un serveur http (type « Apache© » par exemple). Etant exécuté « à la volée » directement sur le serveur aucune installation n'est nécessaire sur les postes clients (un simple navigateur Web est requis) et ainsi aucun protocole n'est à concevoir. Pour le moment, l'application est pleinement compatible avec le navigateur Internet Explorer© et le développement pour une compatibilité avec d'autres navigateurs (Netscape© ou Firefox© par exemple) se poursuit. De plus, le grand nombre de données à stocker et à manipuler impliquant l'utilisation d'une base de données, nous avions tout intérêt à utiliser un langage facilitant les interactions avec un système de gestion de base de données open source. My SQL© étant incontournable dans ce domaine, son choix pour la gestion de la base de données a entériné celui du langage PHP pour notre application.

5.2 Cadre de l'étude de cas industrielle

Notre étude se déroule au sein de la société SVF qui conçoit, produit et vend des vannes pour les industries agroalimentaire, pétrolière, gazière,… La direction générale de la société est basée à Paris et les sites de production se trouvent en France (Bordeaux) et en Espagne (Burgos). La société possède des directions commerciales en Europe de l'Est, au Moyen Orient, en Asie et en Amérique du Nord. Nous nous intéresserons ici plus particulièrement à la conception d'une vanne spécifique devant s'intégrer sur les réseaux de transfert de fioul lourd en Sibérie. Cette vanne est considérée par la société comme un produit spécial qui ne donnera donc pas lieu à une gamme étendue de produits, ce qui implique que sa conception se

fera suivant le cycle de développement d'un « monoproduit » défini par la société SVF (Figure 49).

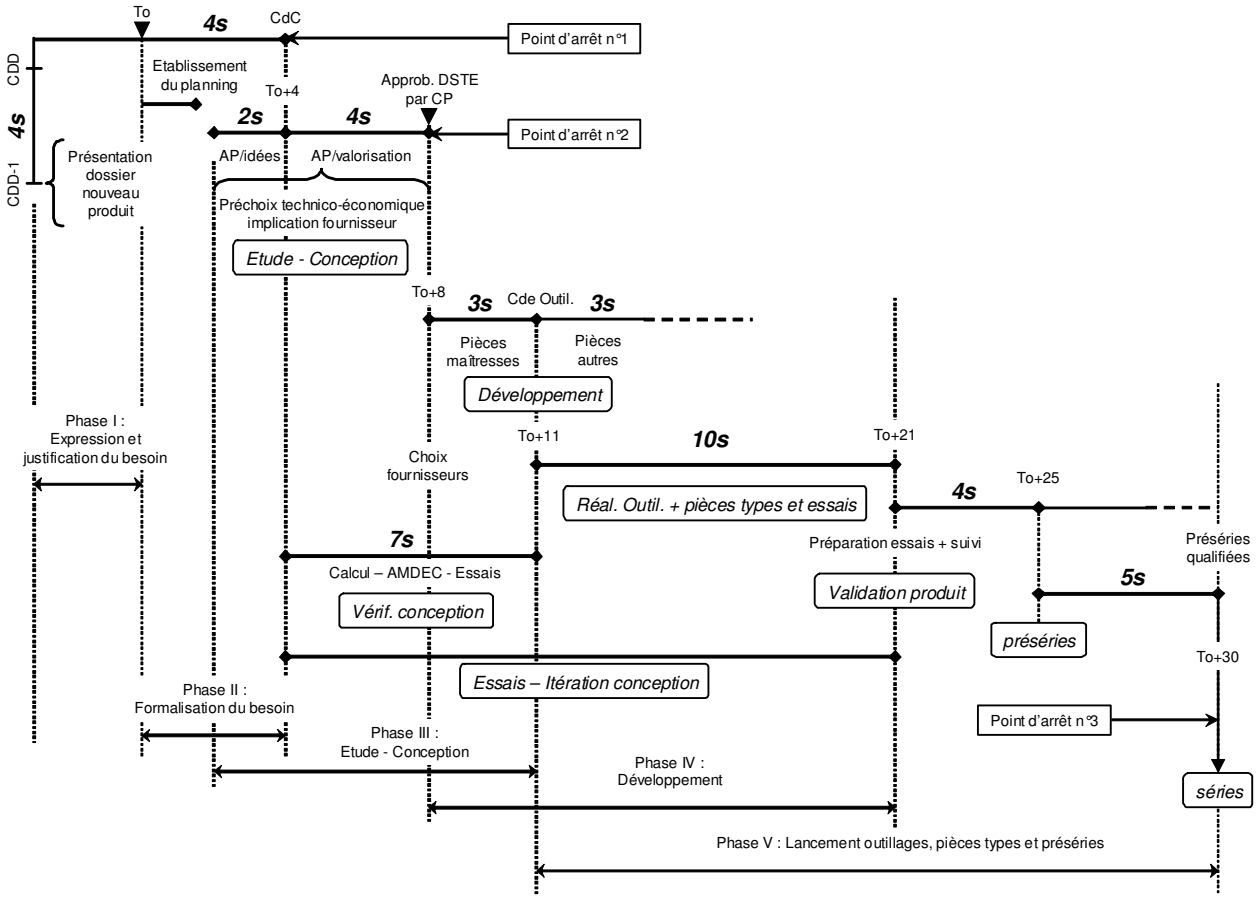


Figure 49. Cycle de développement d'un monoproduit

Nous avons mené une étude en vue de modéliser les structures fonctionnelle et décisionnelle de la société (Figure 50). Cette étude montre que le bureau d'études à un rôle prépondérant : il finalise la conception et vérifie tout au long du développement de produit que celui-ci sera industrialisé et produit conformément aux spécifications prévues avec le client. Le centre de décision « Concevoir » du bureau d'études intervient dès le niveau stratégique pour superviser le développement aux études mais aussi aux méthodes.

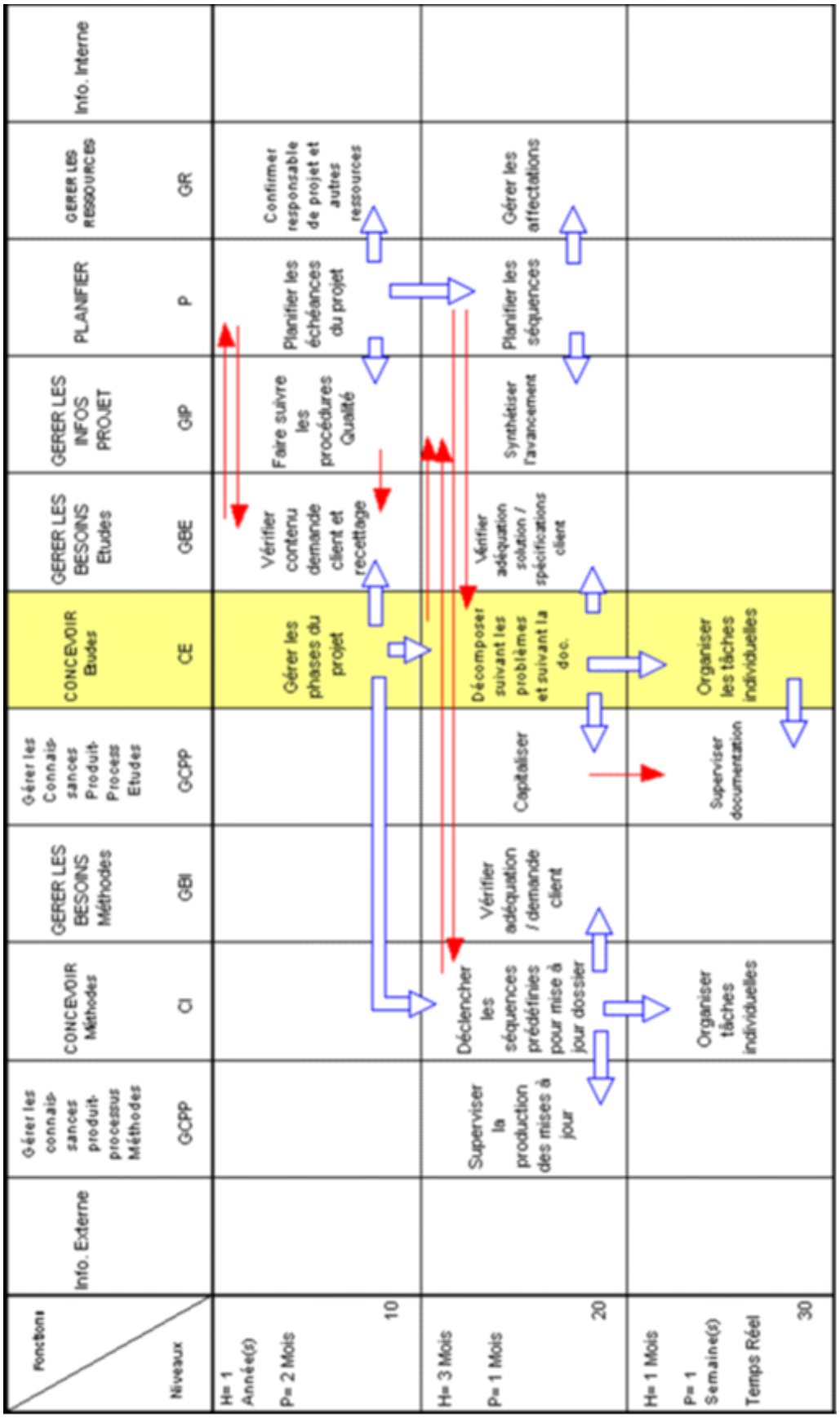


Figure 50. Structure GRAI R&D du système de conception de l'entreprise

Dans un premier temps nous présenterons les IHM relatives à la saisie, par l'acteur identifié comme étant l'administrateur du système, des données relatives à la modélisation de la société. Puis, nous nous attacherons à présenter les IHM dédiées au pilotage et au suivi du projet « Vanne Sibérie ». Celles-ci concerneront plus particulièrement la phase d'étude et de conception (Phase III, Figure 49). Notre objectif est de montrer comment les éléments de la grille sont intégrés dans notre application et comment cette application permet d'aider à la mise en place et au suivi d'un projet.

5.3 Modélisation de la structure de l'entreprise

L'administrateur du système doit implémenter la base de données de l'application en saisissant toutes les informations permettant de décrire l'entreprise et en particulier son système de conception (structure fonctionnelle et décisionnelle, ressources humaines et matérielles, compétences et capacités des ressources). Dans un premier temps, il commence donc par décrire la structure fonctionnelle de l'entreprise et a pour ce faire à sa disposition l'IHM de la Figure 51. Nous retrouvons ici les différents sites de la société (Paris, Bordeaux, Singapore,…) et les différents services au sein de chacun des sites.

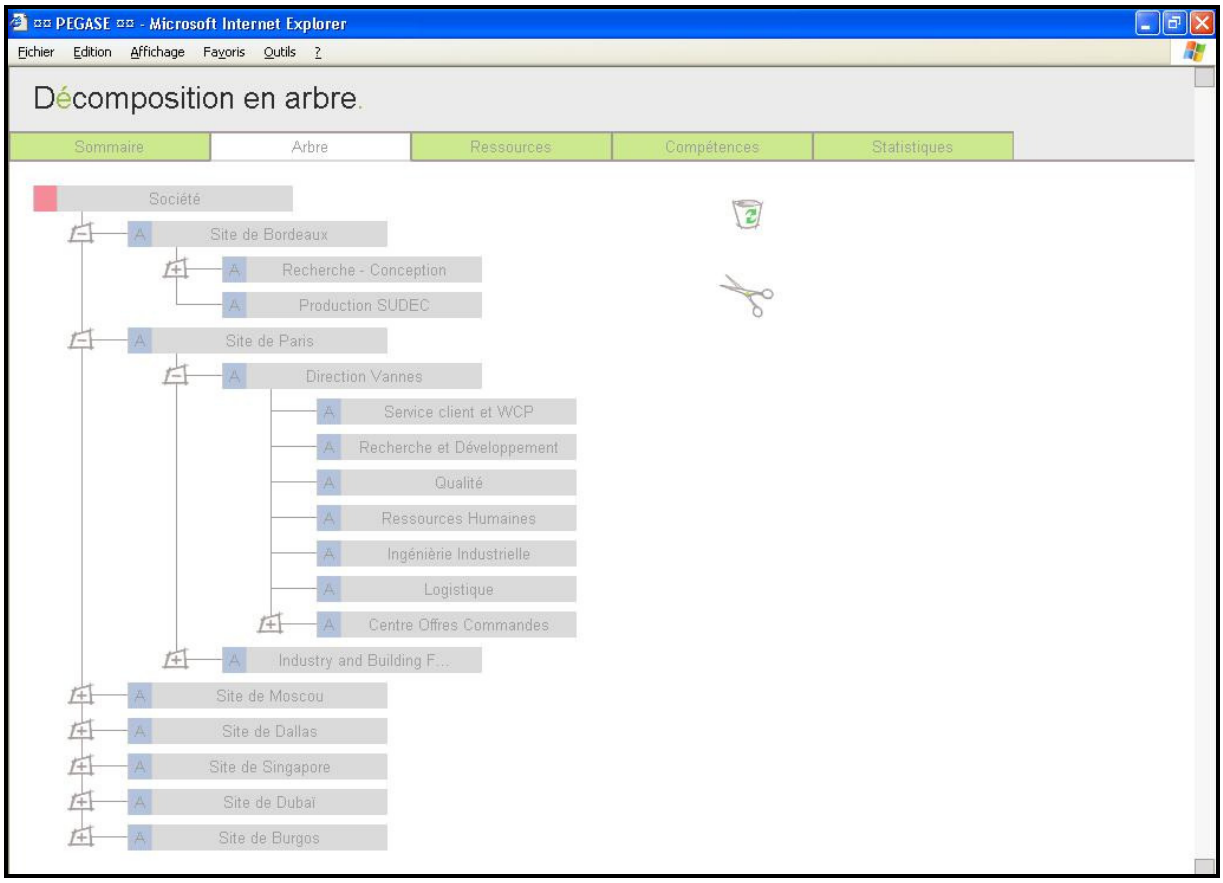


Figure 51. IHM pour la modélisation de la structure fonctionnelle de l'entreprise

Cette IHM permet de représenter la structure fonctionnelle de l'entreprise sous la forme d'une arborescence. Nous avons ici une représentation classique des « services » et « sous – services » de l'entreprise. Lorsque les services sont identifiés, l'administrateur peut passer à la phase de saisie des informations concernant toutes les ressources humaines et matérielles de la société. Nous ne présenterons ici que l'IHM relative aux ressources humaines (Figure 52), la prise en compte des ressources matérielles dans la base de données étant encore en cours d'étude l'IHM associée n'est donc pas totalement aboutie.

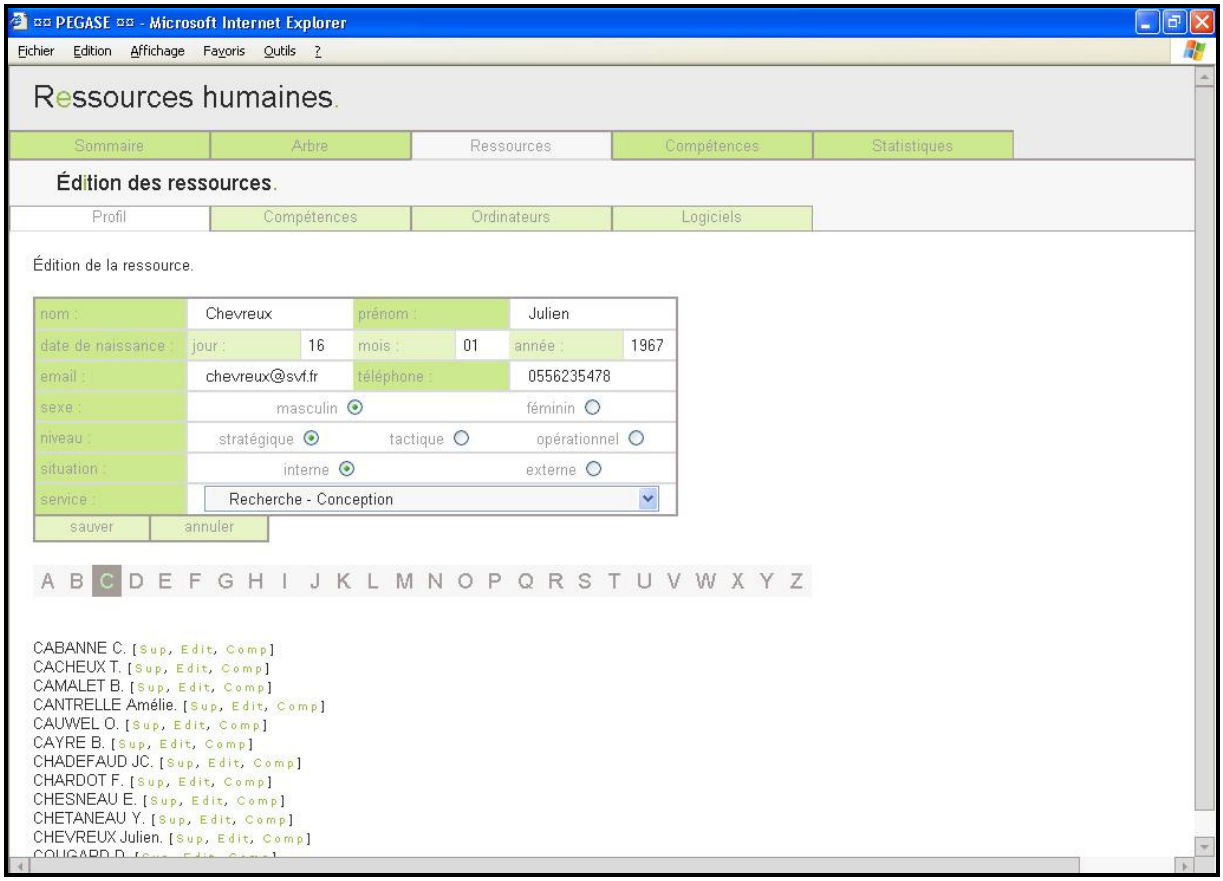


Figure 52. IHM pour la saisie des informations sur les ressources humaines

Nous retrouvons ici les informations sur la ressource : nom, prénom, date de naissance, coordonnées téléphoniques, e-mail, niveau, situation et son service de rattachement. Nous décrirons par la suite les possibles traitements statistiques de ces éléments. L'administrateur complètera la description des ressources humaines par l'affection des compétences de chaque ressource. Ces compétences sont classées selon les quatre catégories que nous avons déjà identifiées dans le second chapitre (compétences techniques, d'organisation, relationnelles et sociales, et d'adaptation de la Figure 17). Catégories qui elles-mêmes pourront se particulariser à nouveau (Figure 53).

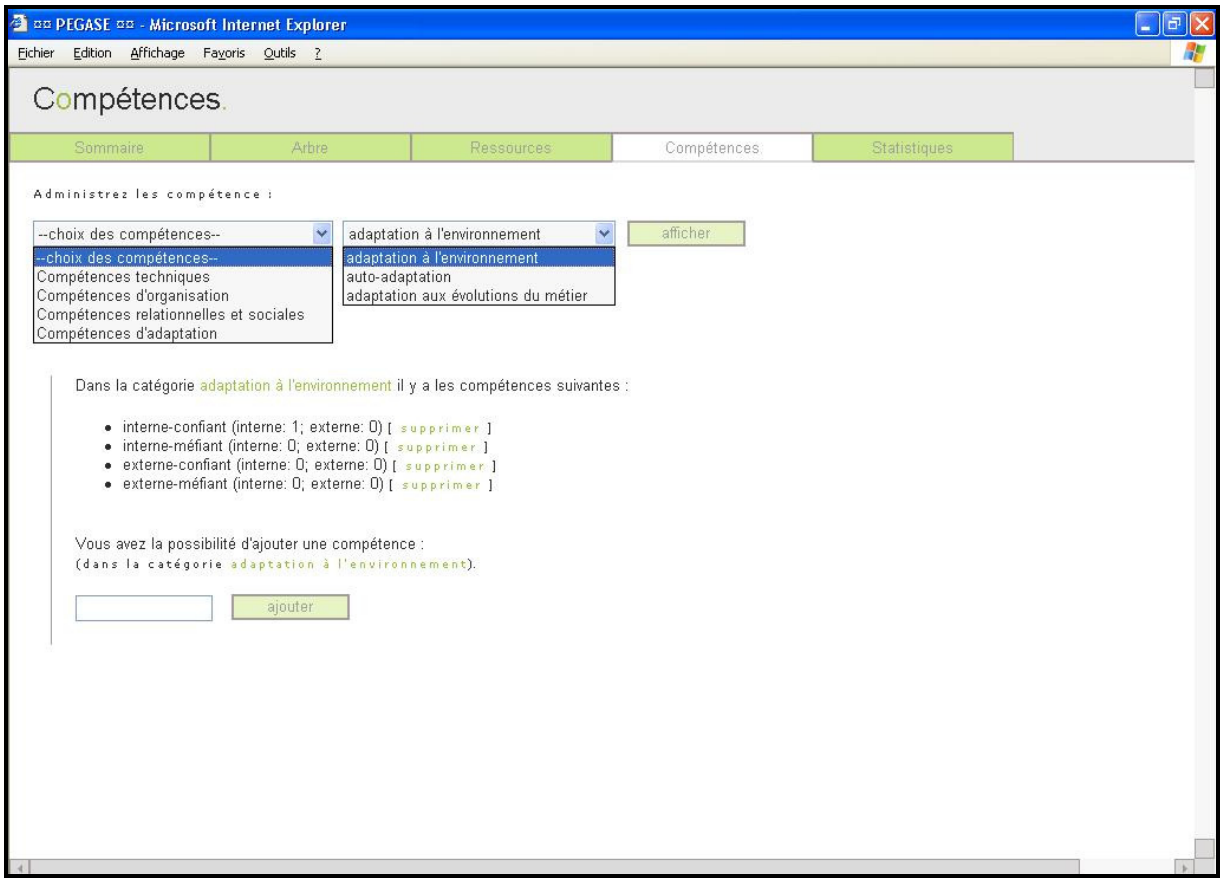


Figure 53. IHM de description des compétences des ressources humaines

A partir du moment où les différents services et les ressources sont identifiés, l'administrateur va pourvoir définir les relations qui existent entre les services dans et entre les sites sur la base d'une modélisation de l'entreprise d'un point de vue décisionnel à l'aide de la méthodologie GRAI. L'objectif est ici de définir l'ensemble des relations qu'aura un service avec les autres services de la société tout en caractérisant le type de relation : échange de cadre de décision ou échange d'informations de suivi, de données techniques,… La mise en parallèle de la structure fonctionnelle de l'entreprise et de la description des échanges entre les services permet de décrire la structure décisionnelle de l'entreprise. Nous retrouvons ici les informations contenues dans des outils de représentations tels que la grille GRAI par exemple (Figure 50). Le service considéré est placé en position centrale et il est entouré par les services avec lesquels il entretient des relations. Les services placés au-dessus de lui enverront un cadre de décision et respectivement les services positionnés en dessous recevront les cadres qu'il enverra. Les services se trouvant à sa gauche lui transmettront des informations (entrées) et les services à sa droite recevront les informations qu'il produira (sorties) (Figure 54). Nous présentons ici les interactions entre le service « Recherche – Conception » du site de

Bordeaux et les autres services car nous nous focaliserons sur le pilotage du projet « Vanne Sibérie » dans ce service dans la suite de l'étude.

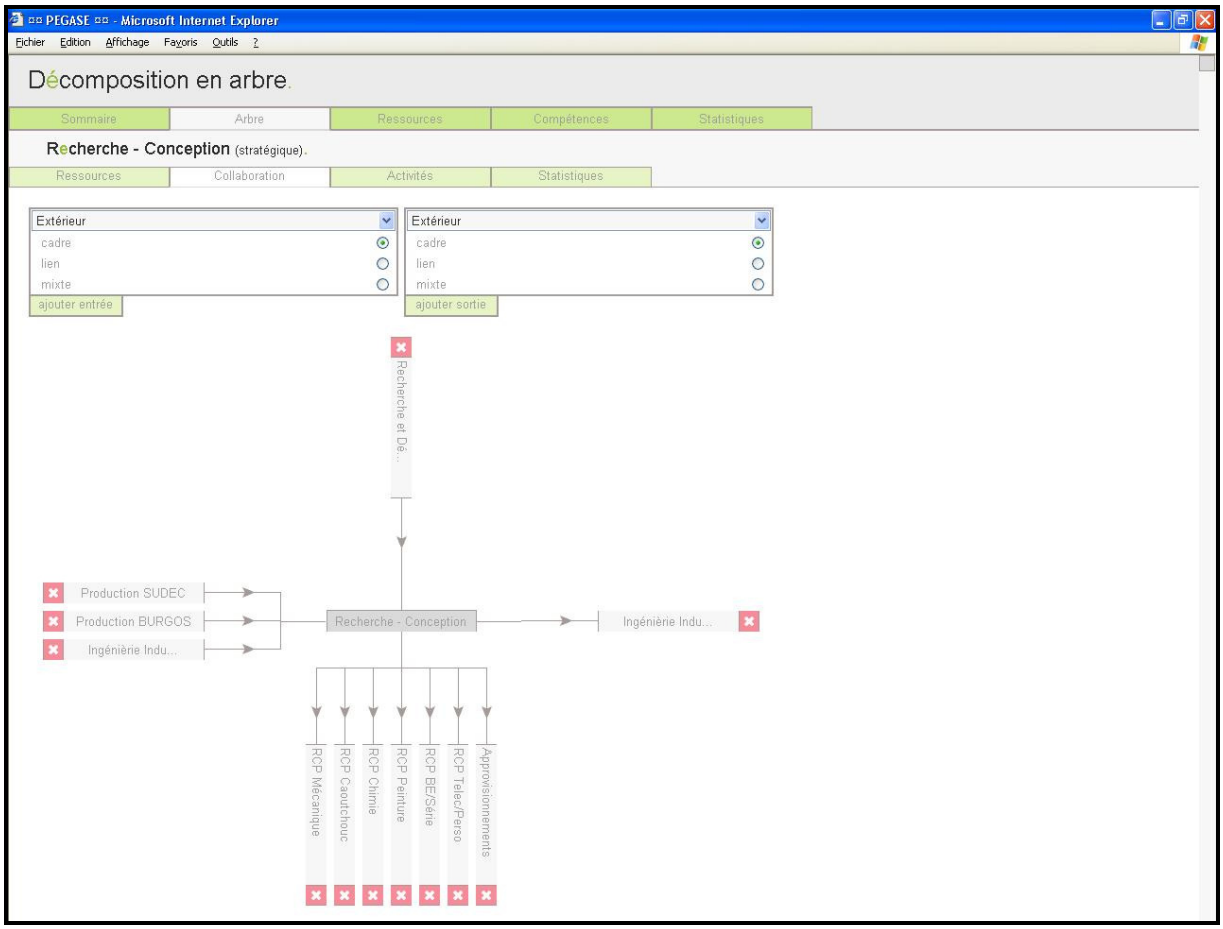


Figure 54. IHM pour l'identification des échanges entre les services

Pour compléter cette description, l'administrateur va créer les activités qui ont cours au sein de chaque service et il va identifier les échanges qui vont avoir lieu entre les activités qu'ils soient internes et externes au service (Figure 55). Nous obtenons ainsi un modèle des processus et des activités qui les composent. Nous sommes ici dans le cas où le processus est défini et structuré. Dans le cas où le processus n'est pas structuré et où il ne peut donc pas être décrit par l'administrateur, les chefs de projet auront la possibilité de créer des processus et les activités associées au cours du déroulement des projets. Les processus seront donc capitalisés au fur et à mesure de leur création et de leur évolution.

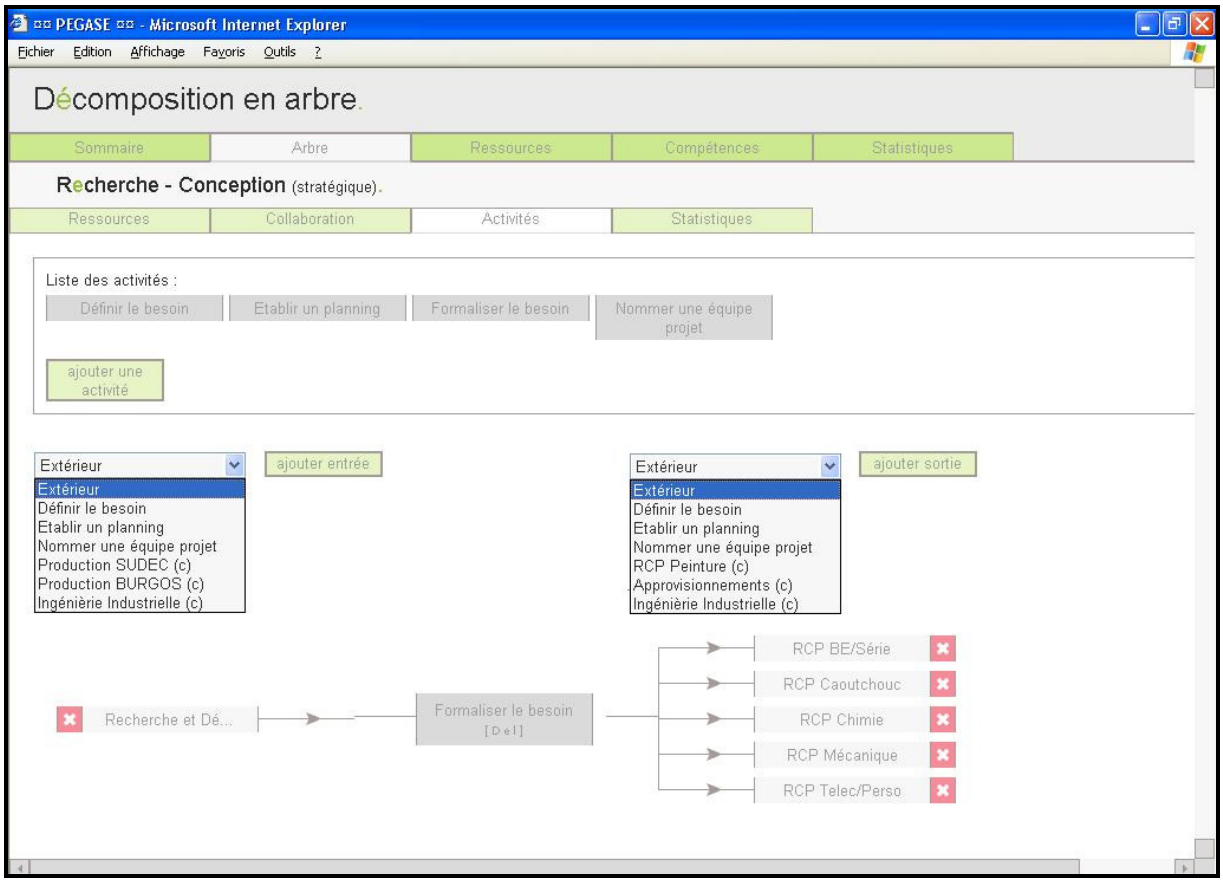


Figure 55. IHM pour la création des activités et l'identification des leurs relations

Cette étape marque la fin de la phase de modélisation de l'entreprise puisque les structures fonctionnelle et décisionnelle sont mises en place et que les ressources et leurs compétences sont identifiées. La phase d'utilisation de l'application dans le cadre de la conduite du système de conception et du pilotage des projets de conception peut commencer.

5.4 Pilotage d'un projet et évolution du système de conception

Nous avons montré que la conduite de la conception se déroule en cinq phases (Figure 38) : créer un projet, organiser un projet, lancer un projet, suivre un projet, clôturer un projet. Des IHM spécifiques ont été développées pour permettre que ces phases se déroulent dans de bonnes conditions. Comme nous l'avons dit nous nous intéresserons dans le cadre de notre exemple au pilotage et au suivi du projet « Vanne Sibérie » lors de la phase d'étude et de conception (Phase III, Figure 49). A ce stade du cycle de développement d'un monoproduit, le besoin est formalisé et les études peuvent commencer. La personne responsable du projet « Vanne Sibérie » au service de R&D de Paris va alors envoyer le cahier des charges au responsable du service « Recherche et Conception » de Bordeaux. Sur la base des objectifs et des contraintes exprimés dans le cahier des charges, le responsable du service « Recherche et

Conception » commencera par décomposer le projet en sous-projet. Il identifiera pour chaque sous-projet, les services concernés, affectera les ressources qu'il jugera les plus aptes pour atteindre les objectifs et définira les cadres de conception et les activités de ces sous-services. Nous allons commencer par présenter l'IHM relative à la phase de création d'un sous-projet.

5.4.1 Phase de création d'un sous-projet (ou d'un projet)

Lors de la phase de création d'un sous-projet (ou d'un projet) l'utilisateur aura à sa disposition l'IHM de la Figure 56. Il doit nommer le sous-projet, identifier à quel service et à quelle activité du service il sera rattaché. Il complètera aussi les dates de début et de fin du sous-projet. Dans le cadre de notre exemple, le responsable de service « Recherche – Conception » de Bordeaux (RCB) crée le sous-projet « Etude vanne Sibérie ». Il affecte ce sous-projet aux différents services RCP (mécanique, chimie, etc.) et définit les activités que ces différents services auront à mener. Nous allons nous intéresser plus particulièrement au service RCP Mécanique. Pour ce qui concerne le sous-projet relatif à la vanne, ce service va devoir mener à bien l'activité d'étude du corps de la vanne. Comme cette activité n'a pas été décrite dans le système, le responsable du service (RCB) va la créer.

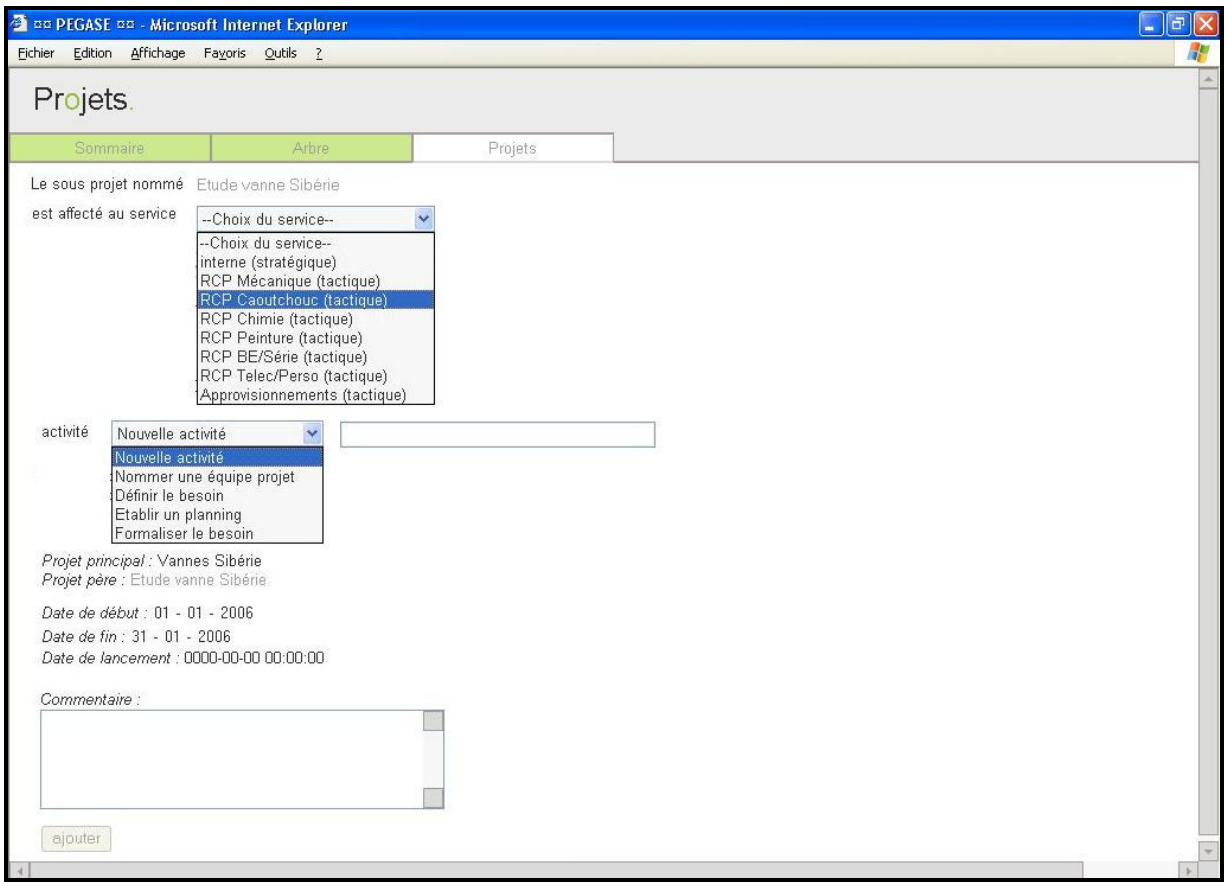


Figure 56. IHM pour la création des projets et sous-projets

Lorsque le sous-projet est créé, l'utilisateur passe à la phase d'organisation du sous-projet.

5.4.2 Phase d'organisation d'un sous-projet (ou d'un projet)

La phase d'organisation d'un sous-projet (ou d'un projet) par le responsable du sous-projet correspond à la définition du cadre qui sera affecté au centre de niveau inférieur qui aura à mener à bien les activités de conception. Le responsable du sous-projet va compléter les cadres en indiquant les objectifs, les contraintes, les variables de décision, les critères, les indicateurs de performance associés aux objectifs, les ressources humaines et matérielles et des informations diverses qui pourraient être utiles pour les acteurs qui recevront le cadre (Figure 57). Comme nous l'avons vu dans les chapitres précédents les objectifs, les variables de décision et les indicateurs de performance associés forment un triplet indissociable. Cette caractéristique est prise en compte dans l'application en imposant l'association de ces éléments. Dans l'IHM que nous présentons (Figure 57) nous pouvons voir apparaître les indicateurs de performance que le responsable du sous-projet a identifiés et qu'il a associés aux objectifs. Ces objectifs et les indicateurs associés concernent l'activité de conception du corps de la vanne pour la Sibérie.

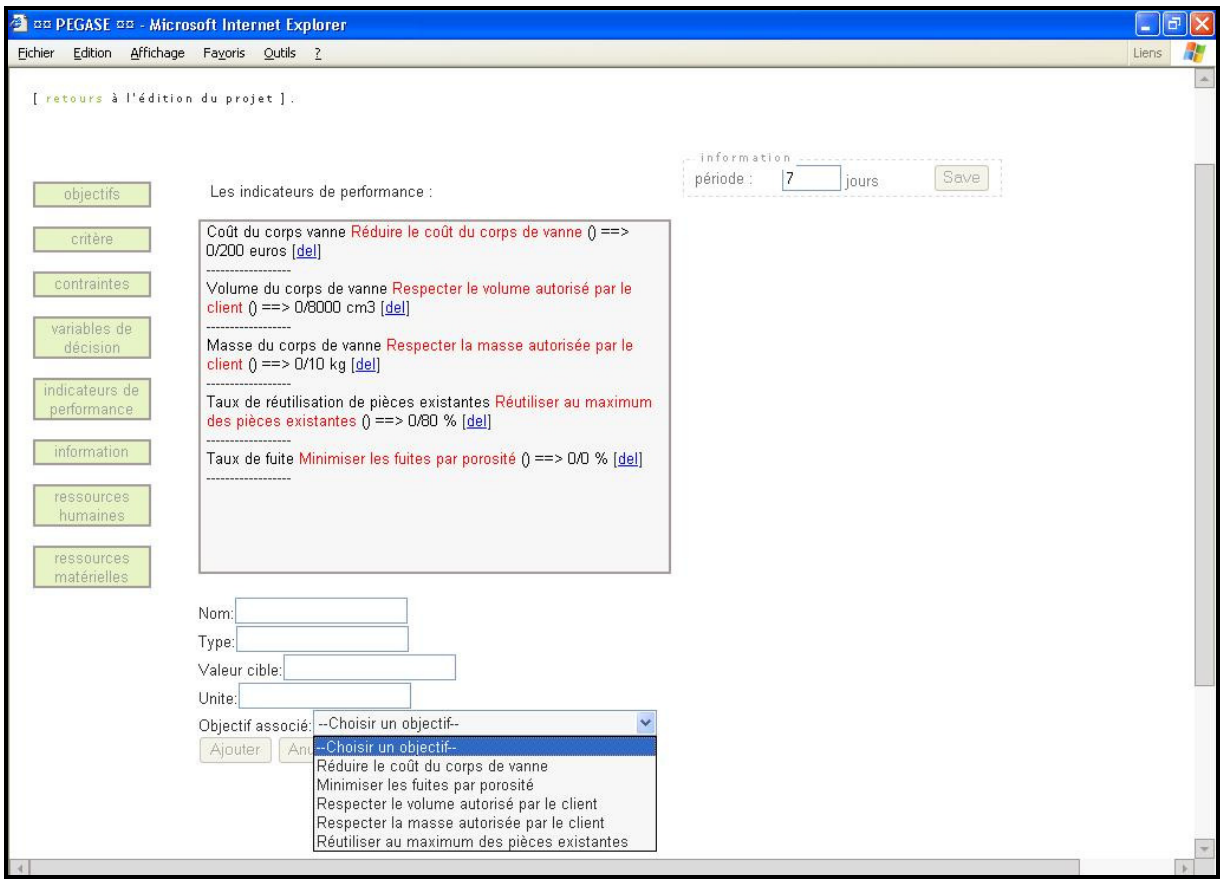


Figure 57. IHM de définition / consultation des éléments des cadres

Pour ce qui concerne l'affectation des ressources, l'application propose une IHM spécifique pour assister l'utilisateur dans ses choix (Figure 58). L'IHM offre la possibilité de faire une recherche en fonction des compétences que le chef de projet souhaite pour mener à bien l'activité de conception. L'application propose une liste des ressources rattachées au service qui sont susceptibles de convenir et le chef de projet peut consulter les informations relatives à ces ressources pour affiner son choix. Il a des informations générales sur la ressource et des données sur ses compétences ainsi que sur sa disponibilité (le taux d'occupation de la ressource sur le projet et sur l'ensemble des projets est indiqué au bas de l'IHM). Lorsque le responsable du projet a identifié les ressources qui lui conviennent, il les affecte au projet avec le taux d'occupation qu'il juge nécessaire pour que les ressources s'acquittent de leur tâche correctement et dans le délai imparti.

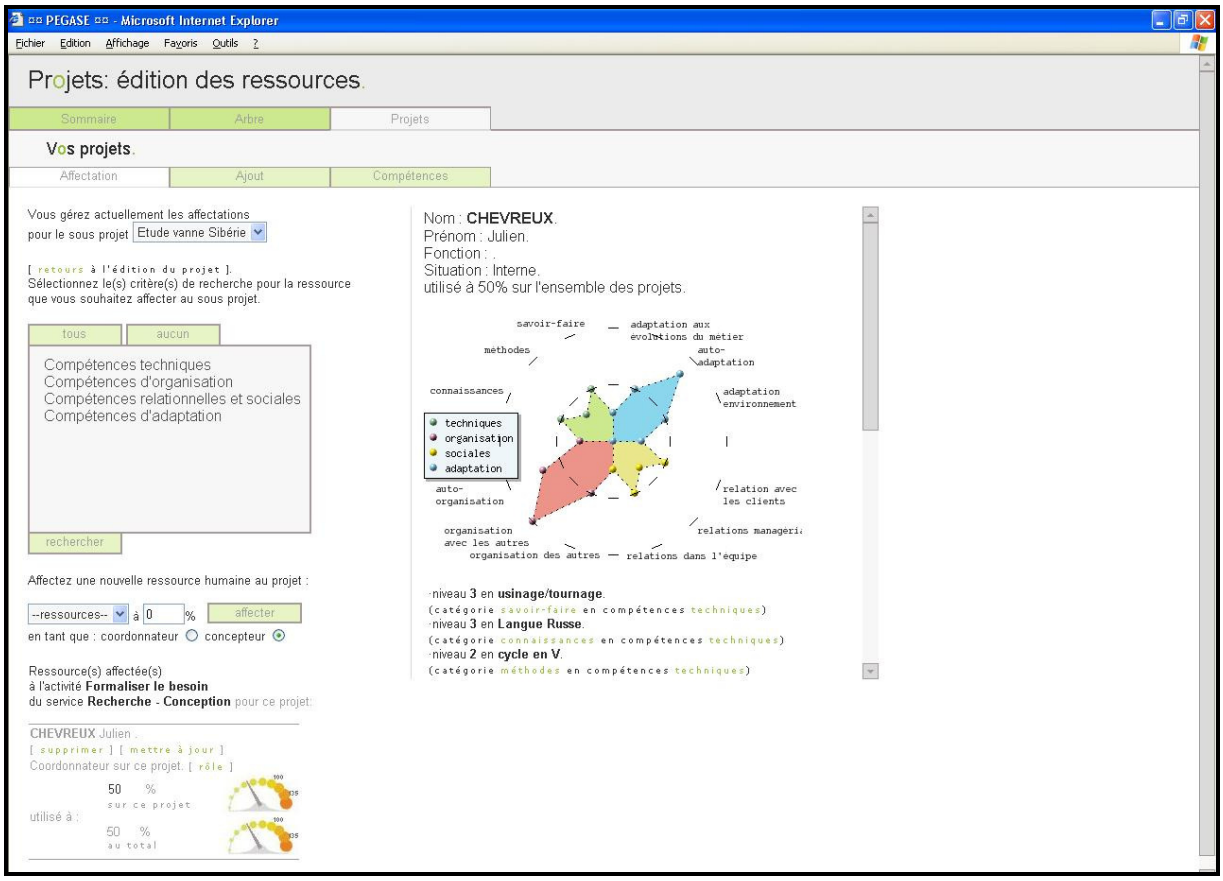


Figure 58. IHM pour l'affectation des ressources sur un projet

La phase d'organisation du projet se termine dès lors que l'utilisateur juge avoir défini l'ensemble des cadres correctement. Il peut alors passer à la phase de lancement du projet.

5.4.3 Phase de lancement (ou de clôture)

Lorsque le cadre est défini le responsable du sous-projet peut lancer le projet. L'application lui propose une IHM sur laquelle il retrouve toutes les informations concernant le sous-projet qu'il vient de créer et d'organiser (Figure 59). Si l'ensemble des données lui convient il peut lancer le projet en cliquant sur le bouton « lancer ». Les ressources qui sont affectées au projet vont alors recevoir un message d'alerte sur leur fenêtre d'accueil de l'application leur indiquant qu'elles viennent d'être affectées à un nouveau sous-projet. Suivant leur rôle et leur niveau hiérarchique, elles auront l'opportunité (ou non) de créer à leur tour des sous-projets et dans ce cas l'application leur proposera les IHM que nous avons déjà décrites.

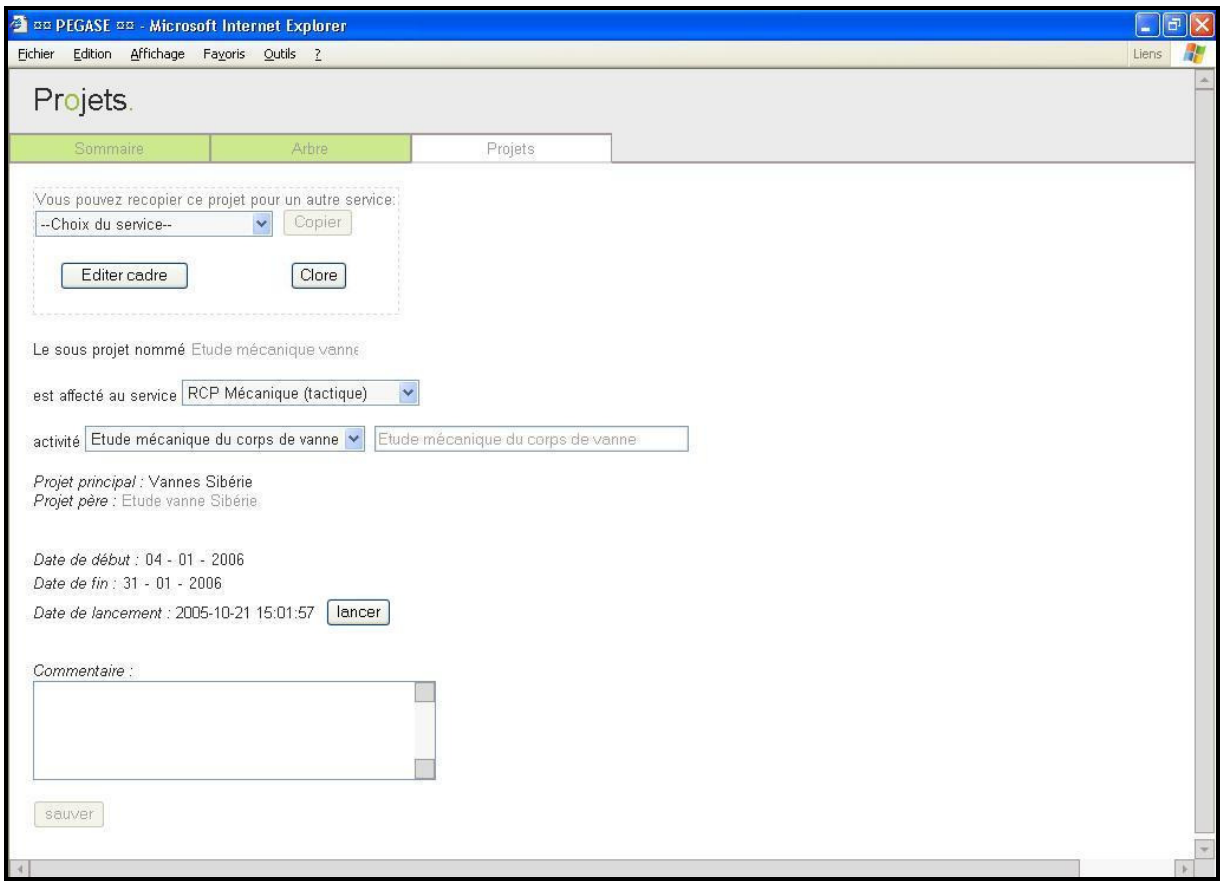


Figure 59. IHM d'édition d'un projet pour consultation, lancement et clôture

Lorsque le sous-projet sera terminé ou lorsqu'il doit être arrêté, la personne responsable du sous-projet pourra le clore en cliquant sur le bouton « clore ». Ainsi, chaque personne d'un niveau inférieur recevra une notification de l'arrêt du sous-projet et sera automatiquement libéré de sa charge sur le sous-projet.

5.4.4 Phase de suivi d'un projet et d'un sous-projet

Pour ce qui concerne le suivi d'un projet, il est effectué en continu et chaque modification relative à une ressource, à un cadre, etc. est gérée dans la base de données en temps réel. Chaque acteur reçoit automatiquement une notification lorsqu'un des éléments d'un cadre qui lui est assigné a changé. L'acteur consulte le cadre qui lui est assigné et renvoi la mesure des indicateurs de performance au niveau supérieur. Le responsable du projet reçoit alors une alerte pour lui indiquer qu'un acteur d'un niveau inférieur a renvoyé des informations et qu'au moins un élément du cadre a donc été valué.

Dans notre exemple, lorsque le responsable du service RCB lance le sous-projet, l'acteur devant réaliser l'activité d'étude du corps de la vanne reçoit alors une alerte lui indiquant qu'il vient d'être affecté sur le sous-projet « étude vanne Sibérie ». Il peut alors prendre connaissance des éléments du cadre qui lui est assigné par le biais de l'IHM de consultation des cadres. Sur cette IHM, il ne peut pas modifier les éléments du cadre. Elle ne lui offre la possibilité que de renvoyer des informations et les mesures des indicateurs de performance au responsable du sous-projet. Mais comme nous l'avons déjà dit, il pourra à son tour créer des sous-projets suivant son rôle.

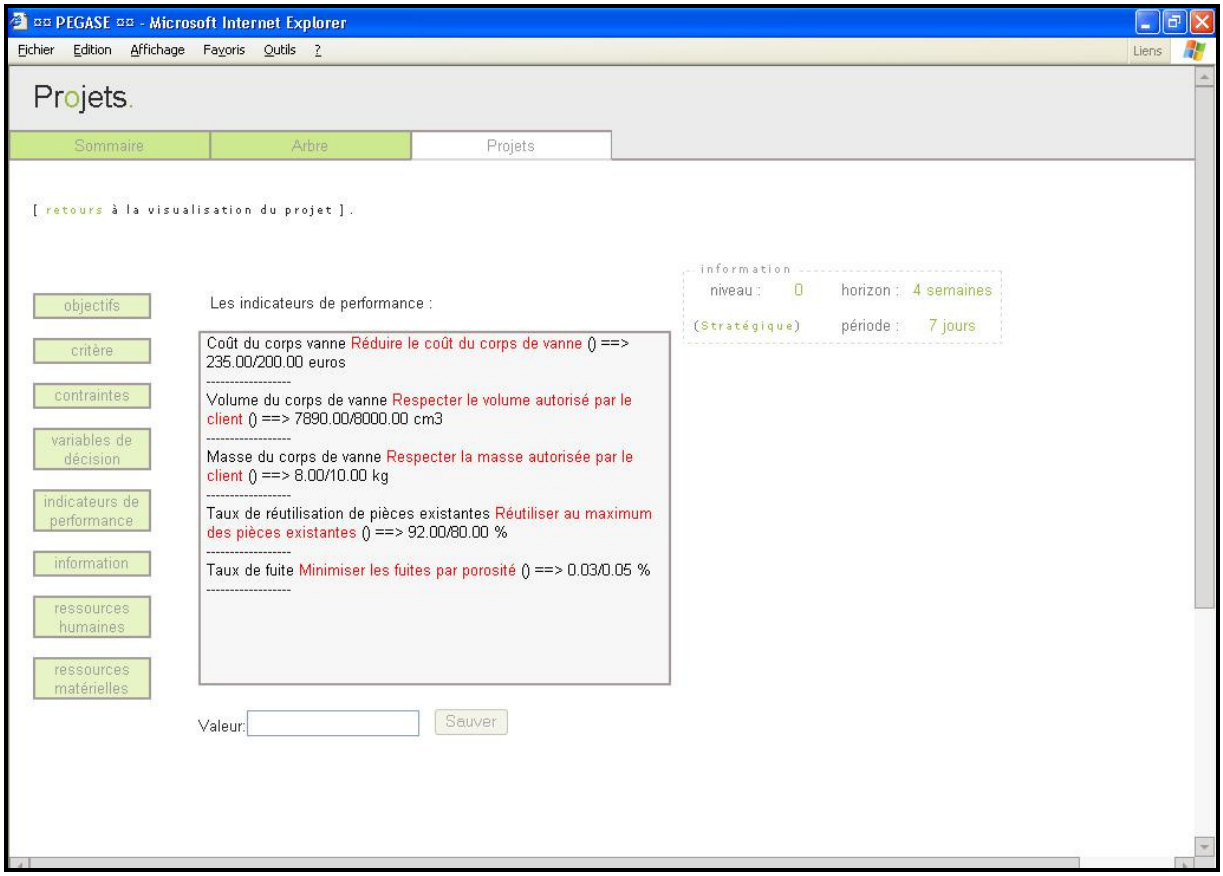


Figure 60. IHM de consultation d'un cadre et de renvoi de valeur d'IP

Lorsqu'il aura suffisamment avancé son travail, l'acteur en charge de l'étude du corps de la vanne renverra les mesures des indicateurs de performance. L'application gère le retour obligatoire des indicateurs à chaque période. Ainsi, un acteur est prévenu sur le temps qu'il lui reste avant l'expiration de la période de renvoi des informations demandées et il reçoit une alerte après expiration du délai si aucun retour d'information n'a eu lieu.

Lorsqu'un acteur en charge d'une activité modifie la valeur d'un indicateur, le responsable du sous-projet associé reçoit une notification indiquant le changement sur l'indicateur et peut alors consulter sa valeur (Figure 61). Il a alors la possibilité de juger de l'avancement de l'activité et de prendre les décisions qui s'imposent en fonction des valeurs des indicateurs. Il peut si il le souhaite faire évoluer des éléments du cadre pour améliorer la situation, évolution qui sera ensuite répercutée aux activités liées au sous-projet et concernées par la modification.

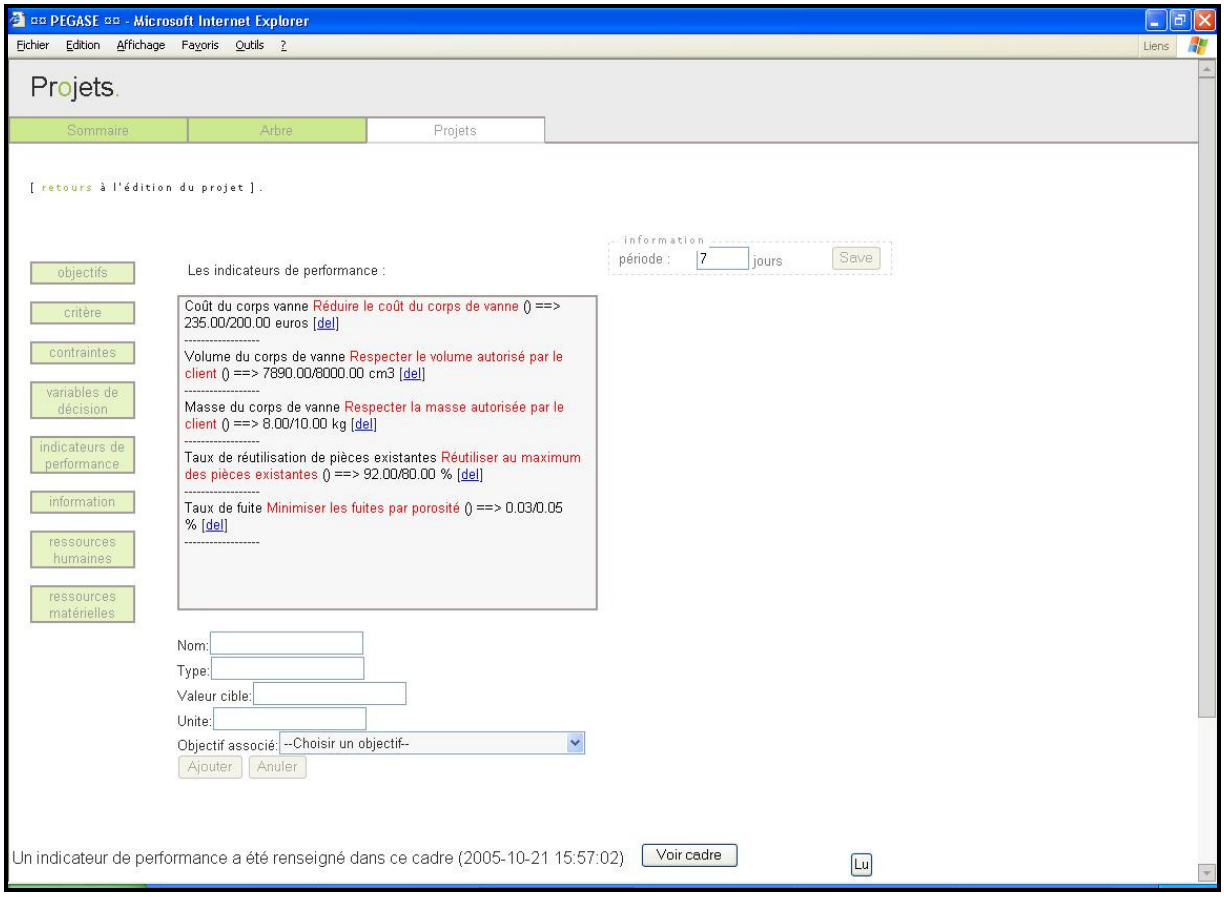


Figure 61. IHM de consultation de l'évolution des indicateurs d'un cadre

Nous avons vu que les acteurs identifiés comme étant « coordonnateurs » devaient avoir à leur disposition une description de la situation de conception (Figure 40). Pour ce faire, il est nécessaire d'aller au-delà du simple suivi de projet et suivre l'évolution de l'ensemble des composantes de l'entreprise et des modèles produit, processus et organisation. Comme nous avons concentré nos développements sur le processus de conception et l'organisation et non pas sur le modèle produit, nous ne sommes pas en l'état capable de fournir une description de la situation qui intègre la vision produit (mis à part par le biais des seuls indicateurs). Malgré tout, le prototype peut fournir tout un ensemble d'informations sur les ressources, les compétences, les processus, etc. par la réalisation de traitements sur les données de la base. L'application est susceptible de fournir tout un ensemble d'informations nécessaires au chef de projet pour organiser le projet mais aussi aux décideurs pour gérer l'entreprise, ce qui permet un suivi global de l'entreprise. Ceci est rendu possible par le fait que l'ensemble des composantes de l'entreprise et des projets est capitalisé dans une base de données unique. Le tableau ci-dessous (Tableau 17) reprend quelques indicateurs de performance que nous avions identifiés dans le Tableau 15 et donne les représentations que nous y avons associées.

Tableau 17. Exemples d'informations extraites de la base de données

Indicateurs de performance et représentations associées
• Pyramide des âges de l'entreprise (graphique) • Pyramide des âges par service (graphique) • Nbre de ressources internes / nbre de ressources total (graphique, en %) • Nbre de ressources externes / nbre de ressources total (graphique, en %) • Nbre de ressources internes / nbre de ressources total / projet (graphique, en %) • Nbre de ressources externes / nbre de ressources total / projet (graphique, en %) • Nbre de ressources internes / pour un service donné (graphique, en %) • Nbre de ressources externes / pour un service donné (graphique, en %) • Nbre de ressources internes / pour une activité donnée (graphique, en %) • Nbre de ressources externes / pour une activité donnée (graphique, en %) • Taux d'occupation moyen des ressources internes (graphique, en %) • Taux d'occupation moyen des ressources externes (graphique, en %)
• Cartographie des compétences de l'entreprise (liste) • Cartographie des compétences par service (liste) • Cartographie des compétences par acteur (liste et radar) • Identification des compétences seulement internes (liste) • Identification des compétences seulement externes (liste) • Nbre de ressources internes possédant une compétence donnée (liste) • Nbre de ressources externes possédant une compétence donnée (liste) • Identification des compétences détenues seulement par des acteurs de plus de 55 ans (liste) • Identification des compétences détenues seulement par des acteurs de moins de 30 ans (liste) • Identification des compétences détenues seulement par des acteurs présents depuis moins de 2 ans (liste) • Nbre de compétences internes « crées » lors d'un projet (liste) • Nbre de compétences externes « crées » lors d'un projet (liste)
• Nbre d'activités réalisées seulement en interne / nbre d'activités total (graphique, en %) • Nbre d'activités réalisées seulement en externe / nbre d'activités total (graphique, en %) • Nbre d'activités « crées » lors d'un projet / nbre d'activités total (graphique, en %)

Ces informations sont accessibles sur des IHM spécifiques dans l'onglet « Statistiques ». Nous présentons ici l'exemple d'une IHM dédiée à la visualisation de la pyramide des âges dans l'entreprise (Figure 62).

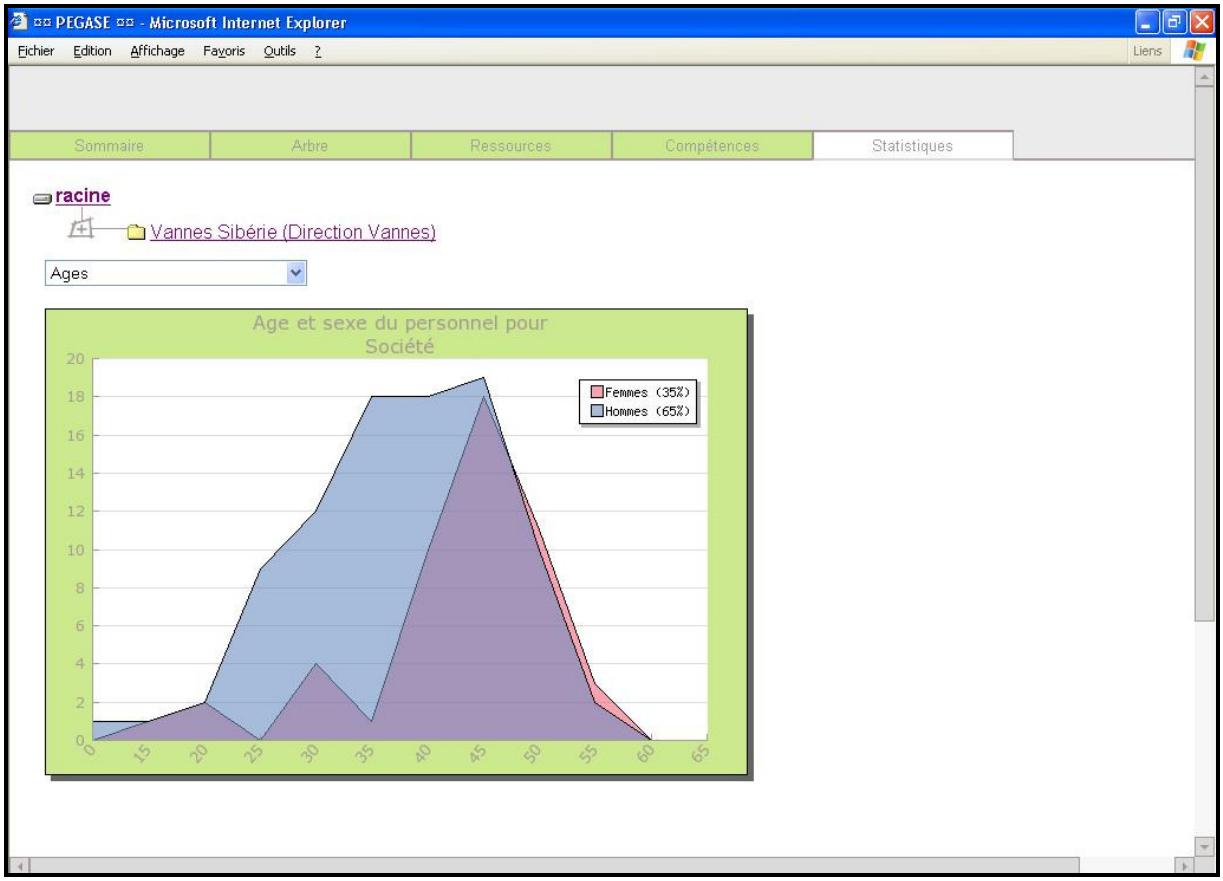


Figure 62. IHM donnant la pyramide des âges pour l'entreprise

Nous avons vu aussi qu'en terme de suivi des projets, il fallait être capable d'identifier et de suivre l'évolution d'un conflit. Dans le cadre du projet IPPOP, l'application CO²MED a été développé spécifiquement pour la gestion des conflits [Rose, 04]. Ainsi, nous n'avons pas d'IHM spécifique pour gérer les conflits car l'intégration de CO²MED dans notre prototype est encore en phase d'étude [Rose *et al.*, 05].

6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté notre prototype d'application informatique d'assistance aux acteurs de la conception. Nous nous sommes appuyés sur les modèles du langage UML pour définir l'ensemble des éléments qui devaient apparaître par la suite au niveau des Interfaces Homme Machine.

Les diagrammes des cas d'utilisation fournissent le cadre général de développement et d'utilisation du prototype, ils représentent les fonctions du système d'un point de vue des utilisateurs. Ils mettent en évidence le fait que le prototype doit être adapté à deux types d'utilisateurs. Un administrateur qui a en charge l'implémentation de la base de données en fonction des résultats de la modélisation du système. Il s'occupe aussi de la mise à jour et de la maintenance de la base. Et un utilisateur, acteur de la conception, qui sera identifié soit comme un coordonnateur soit comme un concepteur. Les diagrammes de cas d'utilisation permettent de décrire le cycle de vie d'un projet. Ce cycle de vie est défini en cinq phases : la création, l'organisation, le lancement, le suivi et la clôture du projet.

Les diagrammes des cas d'utilisation sont ensuite complétés par un diagramme de classes qui représente la structure statique du système. Les classes du diagramme décrivent les objets à mettre en place pour assurer un fonctionnement du prototype en phase avec les spécifications identifiées dans les diagrammes des cas d'utilisation. Notre diagramme de classes est scindé en trois parties relatives à l'organisation du projet, à la description des ressources et au processus de conception. Chaque classe définie dans le diagramme et les attributs associés sont présents dans la base de données. Les relations entre les classes apportent la dynamique au système en étant représentatives des interactions qui construisent le projet.

Sur la base des spécifications des diagrammes de cas d'utilisation et des éléments définis dans le diagramme de classes, les IHM ont été conçues mais des développements supplémentaires sont nécessaires. Par exemple, la prise en compte des ressources matérielles n'est pas encore effective et nous travaillons à la conception de l'IHM associée. La prise en compte des aspects liés au produit et à l'intégration de CO^2MED sont aussi en cours d'étude. Nous réfléchissons aussi à la mise en place de nouvelles fonctionnalités sur la base d'une expérimentation du prototype dans un cas industriel réel.

Ce prototype permet de modéliser l'entreprise puisque nous identifions ses structures fonctionnelle et décisionnelle, mais aussi son environnement extérieur dès lors que l'on intègre ses sous-traitants, ses concurrents, ses clients dans l'arborescence décrite Figure 51. Lorsque tout le système est défini, il est alors possible de créer un projet, de le suivre jusqu'à sa clôture. Tous les projets de l'entreprise sont susceptibles d'être gérés et pilotés au travers de l'application qui fournit et capitalise des informations sur les ressources de l'entreprise (compétences, avancement des projets en cours, etc.) et permet aussi de suivre son évolution.

Conclusion et perspectives

Pour améliorer sa performance globale et pour être réactive face aux évolutions des attentes du client et des contraintes du marché, l'entreprise d'aujourd'hui doit piloter le processus de conception et doit donc nécessairement conduire le système de conception. Notre contribution s'inscrit dans cette logique. Nous proposons un modèle et des outils adaptés à la problématique de la conduite de la conception et en particulier celle de l'évaluation des systèmes de conception.

Conclusion

Dans le premier chapitre, nous avons vu que la conduite du système de conception oblige de pouvoir comprendre et évaluer le processus de conception et en particulier les activités qui le composent, mais aussi et surtout le système de conception, au sein duquel le processus se déroule. Nous avons mis en évidence les difficultés de la modélisation du processus de conception et plus globalement du système de conception. Nous avons montré la nécessité de définir un modèle d'évaluation de la performance du système de conception pour aider les acteurs de la conduite dans leurs prises de décision afin d'atteindre les objectifs recherchés.

Le second chapitre nous a permis de définir que les vecteurs de performance étaient à la fois dépendants du contexte de conception mais aussi des acteurs, des savoir, savoir-faire et savoir-être. Nous avons montré que les méthodes GIM et GRAI Ingénierie apportaient une réponse au problème de l'intégration des vecteurs de performance dans une modélisation globale du système de conception. Nous avons vu que les travaux de Blanc et le modèle GRAI R&D confèrent une dimension supplémentaire à la modélisation du système puisqu'ils permettent le suivi de son évolution de façon prédictive et réactive en vue de sa conduite et le pilotage des processus. Pour ce qui concerne la prise en compte des savoir et savoir-faire, et du facteur humain nous avons proposé deux approches : une approche « classique » de capitalisation des savoir et savoir-faire, basée sur les travaux de Merlo [Merlo, 03] et une approche plus subjective pour identifier le savoir-être des acteurs. Notre étude de l'existant nous permet de conclure sur le fait qu'il n'existe pas d'approche permettant de coordonner les ressources, de comprendre et piloter le contexte de la conception et les facteurs influents sur le système de conception, pour atteindre les objectifs.

Nous avons défini dans le troisième chapitre un modèle d'évaluation et une méthodologie d'évaluation de la performance des systèmes de conception. Le modèle d'évaluation que nous avons proposé permet la conduite du système de conception par le suivi de son évolution et par la prise en compte des éléments le composant et de leurs interactions. Sur la base de ce modèle et d'un travail d'intégration et d'adaptation de la méthode GRAI Ingénierie, du modèle GRAI R&D, des approches GEM et du cycle de vie du système et de la démarche ECOGRAI, nous avons proposé une méthodologie de modélisation et de suivi de l'évolution du système de conception. Cette méthodologie fournit un cadre de travail pour les décideurs qui, à chaque niveau décisionnel, peuvent alors identifier et gérer les objectifs, les leviers d'action et les indicateurs de performance associés.

Le quatrième chapitre présente le prototype d'application informatique d'assistance aux acteurs de la conception développé. Nous avons décrit les diagrammes des cas d'utilisation, les diagrammes de classes et les Interfaces Homme Machine associées. Le prototype offre la possibilité de modéliser l'entreprise et son environnement externe, puis de créer un projet au sein de la structure et de suivre l'évolution de ce projet jusqu'à sa clôture. Cette application permet de gérer l'ensemble des projets de l'entreprise et des ressources affectées à la réalisation des activités de conception.

Perspectives

La méthodologie d'évaluation de la performance des systèmes de conception que nous avons définie est basée sur des concepts, des modèles et des méthodes qui étaient jusque alors spécifiques et indépendants. Nous devons encore affiner l'exploitation que nous faisons de ces méthodes de telle sorte que nous puissions encore mieux appréhender la prise en compte de certains vecteurs de performance. Nous pensons notamment ici aux vecteurs relatifs au facteur humain. De plus, nous avons vu que tout au long de la démarche de mise en œuvre des méthodes GIM et GRAI Ingénierie, la performance est déployée par le biais des objectifs. Ainsi, lors des phases de définition des objectifs, des leviers d'action et des indicateurs de performance nous devrons nous attacher à vérifier la cohérence des objectifs pour assurer que le déploiement de la performance dans le système est correct. Nous nous baserons sur les travaux de Ducq [Ducq, 99] pour ce qui est d'agréger les objectifs dans tout le système et pour juger de la cohérence d'ensemble. Les démarches définies par Ducq pour analyser la cohérence des objectifs ne sont pour le moment dédiées qu'à l'analyse de cohérence des

objectifs en production et elles devront donc être adaptées à la problématique de l'analyse de cohérence des objectifs en conception.

Balayant des domaines allant de la modélisation des systèmes, à la capitalisation des savoir et savoir-faire, en passant par l'identification des savoir-être des acteurs ou d'indicateurs de performance, ou même encore par le suivi des modèles de produit ou de processus, nos travaux ont mis en exergue la nécessité de couvrir de nombreux domaines pour améliorer la performance des systèmes de conception. Nos travaux ne représentent que les prémices de l'intégration des domaines dans un outil unique et notre prototype doit donc encore évoluer.

Dans un premier temps, il doit être complété pour intégrer les aspects liés au produit. Comme nous l'avons déjà dit, même si les éléments du modèle produit sont pris en compte par l'intermédiaire de classes dans notre diagramme, les développements relatifs à ces classes dans la base de données ne sont pas effectifs. L'étude de l'intégration du modèle produit nous conduira à réfléchir à la capitalisation et à la gestion des données relatives au produit mais plus globalement à la réutilisation des données sur les processus, les projets, les ressources humaines et matérielles et les compétences. Nous aurons aussi à analyser plus en détail les traitements de données que nous pourrons offrir aux décideurs pour ainsi les aider dans leur identification des objectifs et des leviers d'action associés et pour favoriser leur prise de décision et la mise en œuvre du système de mesure de la performance.

Puis, dans un second temps, le prototype évoluera aussi pour permettre la gestion des conflits qui peuvent apparaître lors du processus de conception. Pour ce faire nous réfléchissons actuellement à l'intégration de l'application CO²MED qui a été développée dans le cadre du projet spécifiquement pour répondre à la problématique de la gestion des conflits.

Enfin, nous travaillerons au développement d'un outil dédié à la conduite de projet inter-entreprises. Dans le contexte de l'entreprise étendue et des réseaux d'entreprises il nous faudra étendre nos concepts pour aboutir à la définition d'une méthode globale d'évaluation de la performance, que l'entreprise conçoive des produits manufacturiers ou qu'elle soit une société de service. Les méthodes GIM et GRAI Ingénierie devront être complétées pour pourvoir prendre en compte les interactions entre l'entreprise et l'ensemble du réseau. L'objectif est ici de pouvoir optimiser la qualité du réseau par l'identification des points forts et des points faibles de chaque partenaire mais aussi la qualité des échanges dans le réseau par

la mise en évidence des vecteurs de performance qui contribueront à favoriser la collaboration. A terme, nous pourrons proposer un outil logiciel fondé sur un système d'informations inter-entreprises fortement ouvert pour favoriser la participation efficace de tous les acteurs de la conception. C'est en ce sens que nos travaux s'intègrent parfaitement au projet IPPOP2 proposé dans la continuité du projet IPPOP. Le projet IPPOP 2, en étendant la fédération de chercheurs déjà présents dans IPPOP à de nouveaux partenaires académiques et industriels et en complétant les concepts de modèles et les outils proposés, a pour finalité de diffuser, de déployer et de faciliter l'utilisation de nouveaux outils pour l'ingénierie numérique et de renforcer la communauté existante pour aboutir à des usages communs. Ce projet aboutira à un environnement numérique pour la mise en œuvre des méthodes actuelles de conception (Ingénierie Simultanée, Conception Intégrée, Conception Collaborative, Ingénierie Virtuelle…) car il est aujourd'hui important d'étendre les recherches sur les méthodes et les modèles de conception, de les consolider sous la forme d'outils informatiques supports à la conception de produit et de les diffuser au sein des entreprises.

Bibliographie

A

[AFNOR X50-127] Norme : Gestion de la qualité - Recommandations pour obtenir et assurer la qualité en conception, 1ère édition Janvier 1988.

[Amhed, 99] Ahmed P.K., Lim K.K., Zairi M., *"Measurement pratice for knowledgemanagement"*, Journal of Workplace Learning, Vol.11, n°8, pp. 304-311, 1999.

[Amhed et Hansen, 02] Amhed S., Hansen C.T., *"A decision-making model for engineering designers"*, Shahin T.M.M. (eds.), Computer based design, pp. 217-227, EDC2002, Cambridge, 2002.

[AMICE, 93] ESPRIT Consortium AMICE, *"CIMOSA - Open System Architecture for CIM"*, Springer-Verlag, Berlin, ISBN 3-540-56256-7, ISBN 0-387-56256-7, 1993.

[Anderson *et al.*, 01] Anderson, C., Glassman, M., McAfee, R. and Pinelli, T., *"An investigation of factors affecting how engineers and scientists seek information"*, Journal of Engineering and Technology Management, Vol. 18, n°. 2, pp.131-155, 2001.

[Andreasen, 91] Andreasen M.M., *"The theory of domains"*, Workshop on Understanding Function and Function to Form Evolution, Cambridge University, UK, 1991.

[Andreasen *et al.*, 94] Andreasen M.M., Bowen J., MacCallum, Duffy A.H.B., *" Design Co-ordination Framework"*, CIMMOD/CIMDEV Workshop, Torino, 22-23 septembre 1994.

[Andreasen *et al.*, 96] Andreasen M.M., Duffy A.H.B., Bowen J., Storm T., *"The Design Co-ordination Framework - Key Elements for Effective Product Development"*, Proceedings 1st International Engineering Design Debate, pp 151 - 172, ISBN 3-540-76195-0, University of Strathclyde, Glasgow, UK, 23 - 24 septembre 1996.

[Aoussat et Le Coq, 98] Aoussat A., Le Coq M., *« DFA, Contraintes d'assemblage »*, dans « Conception de produits mécaniques : méthodes, modèles et outils », chap. 8, Tollenaere M. (Eds.), Hermes, ISBN 2-86601-694-7, pp. 185-200.

[Athappily, 99] Athappily K., "*Development and test of a comprehensive evaluation model for knowledge management"*, Proceedings of the Second International Conference on the Pratical Application of Knowledge Management, Londres, UK, 21-23 avril 1999.

[ATHENA, 04] ATHENA, *"Advanced Technologies for Interoperability of Heterogeneous Enterprises Networks and their Applications"*, FP6-2002-IST-1, Integrated project Description of Work, 2004.

[Austin *et al.*, 01] Austin S., Steele, J., Macmillan, S., Kirby, P. and Spence, R., *"Mapping the conceptual design activity of interdisciplinary teams"*, Design Studies, Vol. 22, n°. 3, pp.211- 232, 2001.

B

[Badke-Shaub, 99] Badke-schaub P., Frankenberger E., *"Analysis of design projects"*, Design Studies, Vol. 20, pp. 465–480, 1999.

[Barthélemy, 99] Barthélemy P., *« Critères d'évaluation du processus de conception de produit »*, dans « Pilotage et évaluation des processus de conception », J.Perrin éds., Paris, L'Harmattan, pp. 41-67, 1999.

[Beguin, 97] Béguin P., *« L'activité de travail : facteur d'intégration durant les processus de conception »*, dans « Ingénierie concourante : de la technique au social », Bossard P. Chanchevrier C. et Leclair P., Economica, 1997.

[Belkadi et al., 03] Belkadi F., Bonjour E., Dulmet M., *« Vers un modèle de situation support à la conception collaborative »*, CITE'2003, Coopération, Innovation et Technologie, Troyes, 3-4 Décembre, 2003.

[Ben Ahmed et Yannou, 03] Ben Hamed W., Yannou B., *"Polysemy of Values or Conflict of Interests: A Multi-Disciplinary Analysis"*, International Journal of Value-Based Management, Vol. 16, n°2, pp. 153-179, 2003.

[Berrah *et al.*, 00] Berrah L., Mauris G., Haurat A., Foulloy L., *"Global vision and performance indicators for an industrial improvement approach"*, Computers in Industries, Vol. 43, n° 3, pp 211-225, 2000.

[Bitton, 90] Bitton M., *« ECOGRAI : Méthode de conception et d'implantation de systèmes de mesure de performances pour organisations industrielles »*, Thèse de doctorat, Université de Bordeaux I, septembre 1990.

[Blanc, 05] Blanc S., *"Interoperability problems: Management of evolution of collaborative enterprises"*, Interop ESA, Doctorial Symposium, Genève, 21-22 février 2005. http://interop-esa05.unige.ch/.

[Blessing , 94] Blessing L., *"A process based approach to Computer Supported Engineering Design"*, University of Twente, Enschede, The Netherlands, 1994.

[Boboc, 02] Boboc A., *« Formes de socialisation dans la conception automobile – le cas Renault »*, Thèse de doctorat de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, février 2002.

[Bocquet, 98] Bocquet J.C., *« Ingénierie simultanée, conception intégrée »*, dans Conception de Produits Mécaniques, sous la responsabilité de Michel Tollenaere, Editions Hermes, France, 1998, Chap.1.

[Bocquet et Marle, 00] Bocquet J.C., Marle F., *« Management du processus de développement de produit avec la méthode PDPM »*, Proceedings of the 3rd International Conference on Integrated Design and Manufacturing in ME, Montréal, avril 2000.

[Bordegoni *et al.*, 04] Bordegoni, M., Benassi, M., Cugini, U., Cascini, G., *"Roadmap for the selection and the evaluation of PLM tools in product development processes"*, in Tools and Methods of Competitive Engineering, Edited by Imre Horwvath, Paul Xirouchakis, Millpress Rotterdam Netherlands, ISBN 90-5966-018-8, Vol.1, pp. 319-330, 2004.

[Boujut *et al.*, 00] Boujut J.F., Jeantet A., Sardas J.C., *« Enjeux et formes des pratiques coopératives dans la conception »*, Atelier PROSPER Coopération, 17 février 2000.

[Bourne, 97] Bourne C., *« Catégorisation et formalisation des connaissances industrielles, Connaissances et savoir – faire en entreprise »* dans Intégration et capitalisation. sous la direction de M. Fouet, Edition HERMES, chap. 9.

[Bradley et Jordan, 96] Bradley P., Jordan P., *« An Agreed Business Model Identifying A Set of Generic Business Processes »*, CIMRU, University College, Galway, Ireland, 1996.

[Brissaud et Garro, 98] Brissaud D., Garro O., *« Conception distribuée, émergence dans Conception de produits mécaniques »*, sous la direction de M. Tollenaere, Hermès, p. 105-115, 1998.

[Browne *et al.*, 95] Browne J., Sackett P.J. et Wortmann J.C., *"Future manufacturing systems- Towards the extended enterprise"*, Computers in Industry, Vol. 25, n°3, pp. 235-254, 1995.

[Burgess *et al.*, 90] Burgess-Yakemovic K.C., Conklin E.J., *"Report on a Development Project Use of an Issue-Based Information System"*, Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work, CSCW'90, Los Angeles, 7-10 octobre 1990.

C

[CACD, 94] CACD, *« Concevoir l'Activité de Conception et Development »*, Rapport Final, MESR DSPT 8, Secteur Productique / Robotique, Lyon, mai 1994.

[Campagne et Sénéchal, 02] Campagne J-P., Sénéchal O., *« Les nouvelles exigences de coopération »* , dans « Coopération et connaissance dans les systèmes industriels. Une approche interdisciplinaires », coordonné par R. Soënen et J. Perrin, Chap. 1, 2002.

[Chiu, 03] Chiu M.L. *"Design moves in situated design with case-based reasoning"*, Design Studies, Vol. 24, n°1, pp. 1-25, 2003.

[Clivillé, 04] Clivillé V., *« Approche systémique et méthode multicritère pour la définition d'un système d'indicateurs de performance »*, Thèse de l'Université de Savoie, septembre 2004.

[Coates *et al.*, 00] Coates G., Whitfield R. I., Duffy A. H. B., Hills B., *"Coordination approaches and systems–Part II: An operational perspective"*, Research in Engineering Design, Vol. 12, pp. 73-89, 2000.

[Coates et Duffy, 03] Coates G., Duffy A.H.B., *"Real time co-ordinated resource management in a computational environment"*, Proceedings ICED03, Stockholm, août 2003.

[Conroy *et al.*, 97] Conroy G., Soltan H., *"ConSERV, a methodology for managing multi-disciplinary engineering design projects"*, International Journal of Project Management, Vol. 15, n°2, pp. 121–132, 1997.

[Cross et Clayburn Cross, 95] Cross N., Clayburn Cross A., *"Observations of teamwork and social processes in design"*, Design Studies, Vol. 16, n°2, pp. 143-170, 1995.

[Crow, 02] Crow, K., *« Collaboration »*, document informatique disponible sur l'URL www.npd-solutions.com/collaboration.html.

[Crowston, 97] Crowston K., *"A coordination theory approach to organizational process design"*, Organization Science, Vol. 8, n°2, 157–175, 1997.

D

[Dameron, 00] Dameron S., *« Processus de coopération dans l'organisation : construction d'une grille de lecture appliquée au cas d'une équipe projet »*, IXième conférence internationale de management stratégique « perspectives en management stratégique », Montpellier, 2000.

[Darses, 92] Darses F., *« Mécanismes cognitifs de gestion de contraintes dans la résolution de problèmes de conception »*, ergo-IA'92, Biarritz, 7-9 Octobre 1992.

[Darses et Falzon, 96] Darses F., Falzon P., *« La conception collective : une approche de l'ergonomie cognitive »*, dans « Coopération et Conception », G. de Terssac, E. Friedberg (Eds.), Toulouse, Octarès, 1996.

[Darses, 97] Darses F., *« L'ingénierie concourante: un modèle en meilleure adéquation avec les processus cognitifs de conception »*, dans « Ingénierie concourante : de la technique au social », Bossard P., Chanchevrier C. and Leclair P. (Eds), Economica, 1997.

[Darses *et al.*, 01a] Darses F., Détienne F., Falzon P., Visser W., *« A Method for Analysing Collective Design Processes »*, Rapport de recherche RR-4258 de l'INRIA-Rocquencourt, Equipe EIFFEL, 2001, disponible sur l'URL http://www.inria.fr/rrrt/rr-4258.html

[Darses *et al.*, 01b] Darses F., Détienne F., Visser W., *« Assister la conception : perspectives pour la psychologie cognitive ergonomique »*, ÉPIQUE 2001, Actes des Journées d'étude en Psychologie ergonomique, IRCCyN, Nantes, France, 29-30 Octobre 2001, disponible sur l'URL : http://www-sop.inria.fr/acacia/gtpe/GTPE-Actes-epique-2001-tdm.html

[De Hoog *et al.*, 94] De Hoog R., Benus B., Metselaar C., Vogler M., Menezes W., *"Organisation model: Model definition document"*, Deliverable DM6.2c, ESPRIT Project P5248 KADS-II/M6/M/UvA/041/3.0, University of Amsterdam and Cap Programmator, juin 1994.

[Deneux, 02] Deneux D., *« Méthodes et Modèles pour la conception concourrante »*, Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis, 24 janvier 2002.

[Dieng *et al.*, 98] Dieng R., Corby O., Giboin A., Ribière M., *« Methods and Tools for Corporate Knowledge Management »*, Rapport de recherche INRIA, n°3485, septembre 1998.

[Digman, 90] Digman J., *"Personality structure: emergence of the five-factor model"*, In: Rosenweig, M.R., Porter, L.W. (Eds.), Annual Review of Psychology, Palo Alto, Californie, USA, pp.417-440, 1990.

[Dillenbourg *et al.*, 96] Dillenbourg P., Baker M.J., Blaye A., O'Malley C., *"The evolution of research on collaborative learning"*, dans "Learning in Humans and Machines: Towards an Interdisciplinary Learning Science", P. Reimann & H. Spada (Eds.), Oxford, Pergamon, pp. 189-211, 1996.

[Di Mascolo *et al.*, 00] Di Mascolo M., Duri C., Frein Y., *« Comparison between three Pull Control Policies : Kanban, Base Stock and Generalized Kanban »*, Annals of Operations Research, Vol. 93, pp. 41-69, 2000.

[Dixon, 87] Dixon J., *"On Research Methodology Towards a Scientific Theory of Engineering Design"*, in "Artificial Intelligence for Engineering

Design Analysis and Manufacturing (AI-EDAM)", Academic Press, 1987, Vol.1, n°3, pp.145-156.

[Dorst et Cross, 01] Dorst K. and Cross N., *"Creativity in the design process: co-evolution of problem–solution"*, Design Studies, Vol. 22, n°5, pp. 425–437, 2001.

[Doumeingts, 84] Doumeingts G., *« Méthode GRAI: méthode de conception des systèmes en productique »*, Thèse d'état : Automatique, Université Bordeaux I, 1984.

[Doumeingts *et al.*, 96] Doumeingts G., Girard Ph., Eynard B., *"GIM: GRAI Integrated Methodology For Product Development",* in "Design for X: Concurrent Engineering Imperatives", G.Q. HUANG (Eds.), Chapman and Hall, London, pp. 153-172, 1996.

[Doumeingts *et al.*, 98] Doumeingts, G., Vallespir, B., Chen, D., *"GRAI grid decision-making modelling"*, in Handbook on Architecture for Information Systems, P. Bernus, K. Mertins, & G. Schmidt (Eds.), Springer, 1998.

[Ducq, 99] Ducq Y, *« Contribution à l'analyse de la cohérence dans la décomposition des objectifs »*, Thèse de doctorat, Université Bordeaux I, 1999.

[Dudézert, 03] Dudézert A., *« La valeur des connaissances en entreprise : recherche sur la conception de méthodes opératoires d'évaluation des connaissances en organisation »*, Thèse de l'Ecole Centrale de Paris, 24 novembre 2003.

[Duffy *et al.*, 97] Duffy A. H. B., Andreasen M.M., O'Donnell F.J., Girod M.*, "Design Coordination"*, Proceedings ICED 97, Tampere, août 1997.

[Duffy et O'Donnell, 97] Duffy A. H. B., O'Donnell F., *"A model of product development performance. Designers—The key to successful Product Development"*, Darmstad Symposium, 3–5 décembre 1997.

[Duffy *et al.*, 99] Duffy A. H. B., Andreasen M.M., O'Donnell F.J., *"Design Coordination"*, Proceedings ICED 99, Munich, août 1999.

[Dzinkowski, 00] Dzinkowski R., "*The measurement and management of intellectual capital: An introduction"*, Management Accounting, Vol.78, n°2, pp. 32-36, 2000.

E

[Earl, 01] Earl M.J., "*Knowledge Management Strategies: toward a taxonomy"*, Journal of Management Information Systems, Vol.18, n°1, pp. 215-233, 2001.

[Eder, 03] Eder W.E., *"A typology of designs and designing"*, Proceedings ICED 03, Stockholm, août 2003.

[Eder, 04] Eder W.E. *"Integration of theories to assist practice"*, 5th International Conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering, IDMME 2004, Bath, UK, 2004.

[Ehrlenspiel, 99] Ehrlenspiel K., *"Practicians — How they are designing? ... and Why ?"*, Proceedings ICED 99, Munich, Vol. 2, pp 721-726, 1999.

[Ermine *et al.*, 96] Ermine J.L., Chaillot M., Bigeon P., Charreton B., Malavieille D., *« MKSM, Méthode pour la gestion des connaissances »* dans

« Ingénierie des systèmes d'information », Hermès, Vol.4, n°4, pp.541-575, 1996.

[Ermine, 01] Ermine J.L., *« Les processus de la gestion des connaissances »*, dans « Extraction et gestion des connaissances », H. Briand, F. Guillet (éd.), Hermès, 2001.

[Evbuomwan *et al.*, 96] Evbuomwan N.F., Sivaloganathan S., Jebb J., *"A survey of Design Philosophies, Models, Methods and Systems"*, Journal of Engineering Manufacture, Vol.21, pp.301-320, 1996.

[Eynard, 99] Eynard B., *« Modélisation du produit et des activités de conception - Contribution à la conduite et à la traçabilité du processus d'ingénierie »*, Thèse de Doctorat, Université Bordeaux I, juin 1999.

[Eynard et al., 99] Eynard B., Girard Ph., Doumeingts G., *"Control of engineering processes through integration of design activities and product knowledge"*, in "Integration of Process Knowledge into Design Support Systems", H. Kals, F. Van Houten (Eds.), Kluwer Academic Publishers, pp 351-360, 1999.

F

[Fayyad, 96] Fayyad U., Pietetsky-Shapiro G., Smyth P., "*The KDD process for extracting useful knowledge from volumes of data"*, Communication of the Association for Computing Machinery, vol. 39, n° 11, pp. 27-34, 1996.

[Fenves et Flemming, 94] Fenves S.J., Flemming U., *"Concurrent computer-integrated building design"*, Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1994.

[Flemming et Aygen, 96] Flemming U., Aygen Z., *"A2: an architectural agent in a collaborative engineering environment"*, Technical Report 48-38-96, Engineering Design Research Center, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 1996.

[Flück, 01] Flück C., *« Compétences et Performance, une alliance réussie »*, Editions Demos, 2001.

[Forest, 97] Forest J., *« La qualité du processus de conception comme principe de rationalisation du processus d'innovation »*, séminaire de l'IRDQ, Paris, mars 1997.

[Fustier, 89] Fustier M., *« La résolution de problèmes : méthodologie de l'action »*, ESF et Librairies techniques, 1989.

G

[Garon, 99] Garon, M., *« Une expérience de conception coopérative et simultanée via l'outil informatique: Le jeu des Cmaoistes »*, mémoire d'ingénieur CNAM, Nancy, 1999.

[Gero, 90] Gero, J.S., *"Design prototypes: A knowledge representation scheme for design"*, Artificial Intelligence Magazine, Vol. 11, n°4, pp. 26-36, 1990.

[Gero, 98] Gero J.S., *"An approach to the analysis of design protocols"*, Design studies, Vol. 19, n°1, pp. 21-61, 1998.

[Gero et Kannengiesser, 02] Gero J.S., Kannengiesser U., *"The situated function-behaviour-structure framework"*, in "Artificial Intelligence in Design", Gero J.S. (ed.), Kluwer, 2002.

[Gero et Kannengiesser, 04] Gero J.S., Kannengiesser U., *"The situated function–behaviour–structure framework"*, Design Studies Vol. 25, n°4, pp.373-391, 2004.

[Giard, 03] Giard V., *« Gestion de Production »*, Collection Gestion, Economica, 2003.

[Gidel *et al.*, 00] Gidel T., Gautier R., Christofol H., *« La maîtrise du risque dans les projets innovants par la conduite effective du processus décisionnel »*, Actes du 12ième colloque National de Sûreté de fonctionnement, p 481-489, Montpellier, mars 2000.

[Girard, 99] Girard P., *« Etude de la conduite de la conception des produits manufacturés - Contribution à l'ingénierie des systèmes de conception »*, Thèse de Doctorat, Université Bordeaux I, février 1999.

[Girard *et al.*, 99] Girard P., Eynard B., Rimmer D., Hein L., *"Re-engineering of design in a Design Co-ordination environment"*, Proceedings ICED 99, Munich, août 1999.

[Girard *et al.*, 02] Girard Ph, Merlo C., Doumeingts G., *"Approche de la performance en conduite de l'ingénierie de la conception"*, IDMME 2002, Clermont Ferrand, 2002.

[Girard *et al.*, 03] Girard Ph., Robin V., Barandiaran D., *"Analysis of collaboration for design coordination"*, 10th ISPE International Conference on Concurrent Engineering: Research and Applications, Madère, 2003.

[Girard et Doumeingts, 04] Girard Ph., Doumeingts G., *"Modelling of the engineering design system to improve performance"*, International journal of Computers & Industrial Engineering, Vol. 46, n°1, pp.43-67, 2004.

[Girod *et al.*, 00] Girod M., Elliot A.C., Wright I.C., Burns N.D., *"Activities in collaborative concept selection processes for engineering design"*, Proceedings of ASMEDETC-DTM-14548, Baltimore, 2000.

[Glaser, 96] Glaser N., *« Contribution à l'acquisition et à la modélisation des connaissances dans un cadre multi-agents »*, Thèse de Doctorat, Université Henri Poincaré - Nancy I, 1996.

[Glazer, 98] Glazer R., "*Measuring the knower: Towards a theory of knowledge equity"*, California Management Review, Vol. 40, n°3, pp. 175-194, 1998.

[Granovetter, 85] Granovetter M., *"Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness"*, American Journal of Sociology, n°91, pp. 481-510, 1985.

[Grover, 01] Grover V., Davenport T., "*General perspectives on knowledge management:Fostering a research agenda"*, Journal of Management Information Systems, Vol.18, n°1, pp. 5-21, 2001.

[Gruber *et al.*, 92] Gruber T.R., Tenenbaum J.M., Weber J.C., *"Toward a Knowledge Medium for Collaborative Product Development"*, Proceedings of the 2nd Conference on Artificial Intelligence in Design, Pittsburgh, USA, June 22-25 1992, pp 413-432, Kluwer Academic Publishers, 1992.

[Grundstein, 95] Grundstein, M., *« La Capitalisation des Connaissances de l'Entreprise, Système de Production des Connaisances »*, dans

« L'organisation Apprenante. Faire, chercher, comprendre » (Tome 2) , Jeanne Mallet (Dir.), Université de Provence, 1995.

[Grundstein, 00] Grundstein M., *"From capitalizing on Company Knowledge to Knowledge Management"*, in "Knowledge Management, Classic and Contemporary Works", D. Morey, M. Maybury, B. Thuraisingham, The MIT Press, Cambridge, chap. 12, pp. 261-287, 2000.

[Grunstein et Barthès, 96] Grunstein M., Barthès J-P., *"An Industrial View of the Process of Capitalizing Knowledge"*, Advances in Knowledge Management, Vol. 1, pp. 258-264, 1996.

[Günther et Ehrlenspiel, 99] Günther J., Ehrlenspiel K., *"Comparing designers from practise and designers with systematic design education"*, Design Studies, Vol. 20, n°5, pp. 439–452, 1999.

[Gzara, 00] Gzara, L., *« Les patterns pour l'ingénierie des systèmes d'information produit »*, Thèse de l'Institut National Polytechnique de Grenoble, décembre 2000.

H

[Haffey et Duffy, 01] Haffey M.K.D., Duffy A.H.B., *"Process Performance Measurement Support – A Critical Analysis"*, Proceedings ICED01, Glasgow, UK, août 2001.

[Håkansson et Johanson, 92] Håkansson H. , Johanson J., *"A Model of Industrial Networks, Routledge"*, B. Axelsson et G. Easton (eds.), 1992.

[Håkansson et Snehota, 95] Håkansson H., Snehota I., *"Developing Relationships in Business Networks"*, International Thomson Business Press, London, 1995.

[Harani, 97] Harani Y., « *Une approche multimodèles pour la capitalisation des connaissances dans le domaine de la conception* », Thèse de l'Institut National Polytechnique de Grenoble, 1997.

[Hatchuel, 94] Hatchuel A., *« Apprentissages collectifs et activité de conception »*, Revue Francaise de Gestion, 1994.

[Hazebroucq, 99] Hazebroucq J.M., *« La nouvelle conception de la performance: être efficace oui, mais aussi efficient »*, Revue Gestion,1999.

[Hofrichter, 96] Hofrichter D.A., Spencer L.M., "*Competencies: the right foundations for effective human resources management"*, Compensation and Benefits Review, Vol.28, n°6, pp. 21-24, 1996.

[Hu *et al.*, 00] Hu X., Pang J., Pang Y., Atwood M., Sun W., Regli W. C., *"A survey on design rationale: representation, capture and retrieval"*, Proceedings of DETC'00, ASME Design Engineering Technical Conferences, Baltimore, 2000.

[Hubka et Eder, 88] Hubka V., Eder W.E., *"Theory of Technical Systems"*, Springer-Verlag, 1988.

[Hubka et Eder, 92] Hubka V., Eder W.E., *"Engineering Design"*, in Heurista, Zurich, 1992.

I

[IFAC – IFIP, 97] IFAC – IFIP Task Force, *"GERAM : Generalised Enterprise Reference Architecture and Methodology"*, Version 1.4, ISO TC184/SC5/WG1, N398, août 1997.

[IPPOP, 03] IPPOP ("Intégration Produit Processus et Organisation pour l'amélioration de la Performance en conception") est un projet soutenu par le gouvernement français par le biais des programmes du RNTL (Réseau National des Technologies Logicielles). Site internet IPPOP : http://ippop.laps.u-bordeaux1.fr/index.php.

[Ishii, 90] Ishii K., *« Role of computers in concurrent engineering »*, ASME Computers in Engineering, Boston, Vol.1., pp. 217-224, 1990.

[ISO 9000, Version, 2000] ISO 9000 00, *« Qualité et systèmes de management ISO 9000 »*, Editions AFNOR, 581p., 2001.

J

[Jea-Hyeon, 02] Jae-Hyeon A., Suk-Gwon C., "*Valuation of knowledge: a business performance-oriented methodology"*, Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Los Alamitos, USA, 2002.

[Jeantet, 96] Jeantet A., *« La coordination par les objets dans les équipes intégrées de conception de produit »*, dans « Coopération et conception », Terssac G. et Friedberg H., Octares, Toulouse, 1996.

[Jeantet, 98] Jeantet A., *« Les objets intermédiaires dans la conception – Eléments pour une sociologie des processus de conception »*, Sociologie du travail, n°3, pp. 291-316, 1998.

[Joly et Mangematin, 95] Joly P.B., Mangematin V., *« Les acteurs sont-ils solubles dans les réseaux ? »*, Economies et Sociétés, Vol. 9, n°2, pp.17-50, 1995.

[Jung, 58] Jung C.G., "*Les types psychologiques"*, Editions Albin Michel, 1958.

K

[Kaplan et Norton, 92] Kaplan R.S., Norton D.P., *"The Balanced Scorecard - Measures that drives performance"*, Harvard Business Review, pp. 71-79, janvier – février 1992.

[Kaplan et Norton, 93] Kaplan R.S., Norton D.P., *"Putting the Balanced Scorecard to work"*, Harvard Business Review, pp. 134-147, septembre – octobre 1993.

[Kaplan et Norton, 96] Kaplan R.S., Norton D.P., *"Using the Balanced Scorecard as a strategic management system"*, Harvard Business Review, pp. 75-85, janvier – février 1996.

[Kaplan et Norton, 98] Kaplan R.S., Norton D.P., *« Le tableau de bord prospectif. Pilotage Stratégique : les 4 axes du succès »*, Editions d'Organisation, 1998.

[Kavakli et Gero, 02] Kavakli M., Gero J.S., " *The structure of concurrent cognitive actions: a case study on novice and expert designers",* Design Studies Vol 23, n°1, pp.25-40, 2002.

[Keirsey et Bates, 84] Keirsey D., Bates D., "*Del Mar Calif"*, Prometheus Nemesis Books, 1984.

[Kerssens Van Drongelen, 99] Kerssens Van Drongelen I., *"Systematic Design of R&D Performance Measurement System"*, Thèse de l'Université de Twente, Enschede, Pays Bas, avril 1999.

[Kichuk et Wiesner, 97] Kichuk S., Wiesner, W., *"The Big Five personality factors and team performance: implications for selecting successful product design teams"*, Journal of Engineering and Technology Management, Vol. 14, n° 3-4, pp.195-221, 1997.

[Kolb et Fry, 75] Kolb. D. A., Fry R., *"Toward an applied theory of experiential learning"*, in "Theories of Group Process", C. Cooper (ed.), John Wiley, Londres, 1975.

[Kota et Ward, 91] Kota S, Ward A.C., *"Functions, structures and constraints in conceptual design"*, Proceedings of the 2nd International Conference on Design Theory and Methodology, Chicago, USA, pp.239-250, 1991.

[Kroeger et Thuesen, 88] Kroeger O., Thuesen J.M., "*Type Talk"*, New York Delacorte Press, 1988.

[Kvan, 00] Kvan, T., *"Collaborative design: what is it?"*, Automation in Construction, Vol. 9, n°4, pp. 409-415, 2000.

L

[Labrousse, 04] Labrousse M., *« Proposition d'un modèle conceptuel unifié pour la gestion dynamique des connaissances d'entreprise »*, Thèse délivrée conjointement par l'École Centrale de Nantes et l'Université de Nantes, juillet 2004.

[Lang *et al.*, 02] Lang S.Y.T., Dickinson J., Buchal R.O., *« Cognitive factors in distributed design »*, Computers in Industries, Vol. 48, n°1, pp. 89-98, 2002.

[Laurikkala *et al.*, 01] Laurikkala H., Puustinen E., Pajarre E., Tanskanen K., *"Reducing complexity of modelling in large delivery projects"*, Proceedings ICED01, Glasgow, août 2001.

[Lebas, 95] Lebas M., *« Oui, il faut définir la performance »*, Revue Française de comptabilité, n°269, pp. 66-71, juillet-août 1995.

[Leckie *et al.*, 96] Leckie G., Pettigrew K., Sylvain C., *"Modeling the information seeking of professionals: a general model derived from research on engineers, health care professionals, and lawyers"*, Library Quarterly, Vol. 66, n°2, pp.161–193, 1996.

[Legardeur *et al.*, 03] Legardeur J., Merlo C., Franchistéguy I., Bareigts C., *« Coordination et coopération dans les processus de conception »*, Colloque AIP Priméca, La Plagne, avril 2003.

[Le Masson et Weil, 05] Le Masson P ., Weil B., *« De la conception réglée à la conception innovante : raisonnements et organisation pour domestiquer l'innovation »*, Journées GPS, « Vers une conception et une conduite de projet intégrées », 30 juin et 1ier juillet 2005, Toulouse.

[Le Moigne, 90] Le Moigne J. L., *« La modélisation des systèmes complexes »*, Bordas, 1990.

[Lewin, 75] Lewin K., *« Psychologie Dynamique »*, Presses Universitaires de France, Paris, 1975.

[Lesage et Rice-Lesage, 82] Lesage P.B., Rice-Lesage J.A., *« Comment tenir compte des différences individuelles au travail ? »*, Gestion, Vol.7, n°4, pp. 17-26, 1982.

[Levenson et Gottman, 78] Levenson, R. W., Gottman, J. M., *"Toward the assessment of social competence"*, Journal of Consulting and Clinical Psychology, Vol. 46, pp. 453-462, 1978.

[Lim, 00] Lim K., Ahmed P., "*Enabling knowledge management: a measurement perspective"*, Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology (ICMIT 2000) "Management in the 21st Century", Vol. 2, Piscataway, USA, 2000.

[Lonchampt, 04] Lonchampt P., *« Co-évolution et processus de conception intégrée de produits : Modèle et support de l'activité de conception »*, Thèse de l'INPG de Grenoble, juin 2004.

[Longueville *et al.*, 01] Longueville B., Le Cardinal J., Bocquet J.C., *« La gestion des connaissances pour les projets de conception de produits innovants »*, Laboratoire de Productique Logistique, Ecole Centrale de Paris, AIP-PRIMECA, La Plagne, avril 2001.

[Lorino, 03] Lorino P., *« Méthodes et Pratiques de la Performance »*, Editions d'Organisations, Paris, 2003.

[Love , 00] Love T., *"Philosophy of design: a meta-theoretical structure for design theory"*, Design Studies, Vol. 21, n°3, pp. 293-313, 2000.

[Lupan *et al.*, 05] Lupan R., Delamarre A., Christofol H., Kobi A., Robledo C., *« Evaluation de la performance en conception »*, 6ième Congrès international de génie industriel, Besançon, juin 2005.

[Lurey et Raisinghani, 01] Lurey, J.S., Raisinghani, M., *"An empirical study of best practices in virtual teams"*, Information & Management, Vol. 38, n°8, pp.523-544, 2001.

[Lyles, 96] Lyles M.A., Salk J.E., "*Knowledge acquisition from foreign parents in international joint ventures: an empirical examination in the Hungarian context"*, Journal of International Business Studies, Vol. 27, n°5, (Numéro Spécial en supplément), pp. 877-903, 1996.

[Lynch et Cross, 95] Lynch R.L., Cross K.F., *"Measure up ! How to Measure Corporate Performance"*, 2nd eds. Blackwell Publishers, Cambridge, USA, 1995.

M

[McCrea et Costa, 91] McCrea R.R., Costa P.T., *« The NEO Personality Inventory : Using the Five-Factor model in counselling »*, Journal of Counselling & Development, 1991.

[McGee, 00] McGee J., Peterson M., "*Toward the development of measures of distinctive competencies among small independent retailers"*, Journal of Small Business Management, Vol.38, n°2, pp. 19-33, 2000.

[McKenney et Keen, 74] McKenney J.L., Keen P.G.W, *« How managers' minds work »*, Harvard Business Review, pp. 79-90, mai-juin 1974.

[McLean *et al.*, 96] MacLean A., Young R.M., Bellotti V.M.E., Moran P., *"Questions, Options and Criteria: Elements of Design Space Analysis"*, in "Design Rationale : Concepts, Techniques and use", T.P.Moran & J.M.Carroll (éds), Lawrence Erlbaum Associates, 1996.

[Maher *et al.*, 96] Maher M.L., Poon J., Boulanger S., *« Formalising design exploration as co-evolution: a combined gene approach »*, in "Advances in formal

design methods for CAD", Gero J.S. and Sudweeks F. (eds), Chapman and Hall, 1996.

[Maher *et al.*, 03] Maher M.L., Tang H.T., *« Co-evolution as a computational and cognitive model of design »*, Research in Engineering Design, Vol. 14, n°1, pp. 47-64, 2003.

[Makino, 96] Makino S., Delios A., "*Local knowledge transfer and performance: implications for alliance formation in Asia"*, Journal of International Business Studies, Vol. 27, n°5, (Numéro Spécial en supplément), pp. 905-927, 1996.

[Malglaive, 90] Malglaive G., *« Enseigner à des adultes »*, PUF, Paris, 1990.

[Malhéné, 00] Malhene N., *« Gestion du processus d'évolution des systèmes industriels – Conduite et méthode »*. Thèse de doctorat. Université Bordeaux I, 2000.

[Malvache *et al.*, 93] Malvache P., Prieur P., *"Mastering corporate experience with the REX method"*, Proceedings of ISMICK'93, Barthès J.P. (éd.), Compiègne, pp. 33-41, octobre 1993.

[Marle, 02] Marle F., *« Modèles d'informations et méthodes pour aider à la prise de décision en management de projet »*, Thèse Ecole Centrale de Paris, novembre 2002.

[Marle et Bocquet, 01] Marle F., Bocquet J.C., *« Une approche multi-projet pour le management des projets distribués »*, Colloque AIP-PRIMECA, La Plagne, 2001.

[Maskell, 91] Maskell B.H., *"Performance Measurement for World Class Manufacturing"*, Productivity Press, Cambridge, 1991.

[Mathé et Chague, 99] Mathé J.C., Chague V., *« L'intention stratégique et les divers types de performance de l'entreprise »*, Revue Française de Gestion, 1999.

[Mattessich et Monsey, 95] Mattessich P.W., Monsey B.R., *"Collaboration: What Makes It Work"*, Amherst H. Wilder Foundation, St. Paul, 1995.

[Mer, 98] Mer S., *« Les mondes et les outils de la conception. Pour une approche sociotechnique de la conception de produit »*, Thèse de doctorat de l'INPG, 1998.

[Merlo, 99] Merlo C., *« Système d'assistance aux acteurs de la conception : mise en oeuvre d'un modèle de produit et d'un modèle de processus, supports à la conduite de l'ingénierie »*, Mémoire de DEA d'Automatique et Productique, LAP, Université Bordeaux I, 1999

[Merlo, 03] Merlo C., *« Modélisation des connaissances en conduite de l'ingénierie : Mise en œuvre d'un environnement d'assistance aux acteurs »*, Thèse de l'Université Bordeaux 1, décembre 2003.

[Mesarovic *et al.*, 70] Mesarovic M.D., Macko D., Takahara T., "*Theory of hierarchical multilevel systems"*, Academic Press, New York, 1970.

[Micaelli, 02] Micaelli J-P., *« Institutionnalisme, évolutionnisme : le défi de la conception »*, actes des Journées d'étude Institutionnalismes et Évolutionnismes-Confrontations autour de perspectives empiriques, Lyon, 2002.

[Micaelli et Forest, 03] Micaelli J-P., Forest J., *« Artificialisme, Introduction à une théorie de la conception »*, collection science appliquée de l'INSA de Lyon, 2003.

[Midler, 97] Midler C., *« Evolution des modèles d'organisation et régulations économiques de la conception »*, Annales des mines, 1997.

[Mintzberg, 89] Mintzberg H., *« Le management : voyage au centre des organisations »*, Les Editions d'Organisation, 1989.

[Morin, 96] Morin E., *« Psychologies au travail »*, Gaétan Morin (eds.), 1996.

[Morlay, 01] Morlay C., « *Gestion d'un projet système d'information – Principes techniques mise en œuvre et outils »*, Dunod, Paris, 2001.

[Munoz, 02] Munoz Zarate S., *« Coordination, intégration et innovation dans le système de conception international de l'industrie des équipementiers automobiles »*, Thèse de doctorat de l'INPG, 2002.

[Myers et Briggs, 89] Myers I., Briggs K., "*Contributions of Type to Executive Success"*, Center for applications of Psychological Type, Gainesville, 1989.

N

[Nagarajan et al., 99] Nagarajan R., Withman L, Cheraghi S.H., *"Enterprise Integration"*, Proceedings of the 4th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications and Practice, San Antonio, Texas, USA, 17-20 novembre 1999.

[Nakahara, 01] Nakahara I., *« Innovation management using intellectual capital »*, International Journal of Entrepreneurship and Innovation Management, Vol. 1, n°1, pp. 96-110, 2001.

[Nanni *et al.*, 92] Nanni A.J., Dixon J.R., Vollman T.E., *« Integrated Performance Measurement: Management Accounting to Support the New Manufacturing Realities »*, Journal of Management Accounting Research, pp. 1-19, 1992.

[Neely *et al.*, 97] Neely A., Richards H., Mills K., Bourne M., *"Designing performance measures : a structured approach",* International Journal of Operations & Production Management, Vol. 17, n°11, pp. 1131-1152, 1997.

[Neely *et al.*, 00] Neely A., Mills J., Platts K., Richards H., Gregory M., Bourne M., Kennerley M.P., *"Performance measurement system design: developing and testing a process-based approach"*, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 20, n°10, pp. 1119-1145, 2000.

[Nonaka et Takeuchi, 95] Nonaka I., Takeuchi H., *"The Knowledge-Creating Company : How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation"*, Oxford University Press, 1995.

[Norrgren et Schaller, 99] Norrgren F., Schaller J., *"Leadership style: its impact on cross-functional product development"*, Journal of Product Innovation Management, Vol. 16, n° 4, pp.377-384, 1999.

[Nowak *et al.*, 04] Nowak P., Rose B., Saint-Marc L., Callot M., Eynard B., Gzara-Yesilbas L., Lombard M., *"Towards a design process model enabling the integration of product, process and organisation"*, 5th International Conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering, IDMME 2004, Bath, 5-7 avril 2004.

O

[O'Donnell et Duffy, 99] O'Donnell F.J.O., Duffy A.H.B., *"Modelling product development performance"*, Proceedings ICED 99, Munich, août 1999.

[O'Donnell et Duffy, 01] O'Donnell F.J., Duffy A.H.B., *"Performance Management at Design Activity Level"*, Proceedings ICED01, Glasgow, août 2001.

[OMG, 03] Object Management Group, "*OMG Unified Modeling Language Specification"*,http://www.omg.org/docs/formal/03-03-01.pdf, Version 1.5 formal/03-03-012003, Mars 2003.

[Ostergaard et Summers, 03] Ostergaard K., Summers J.D., *"A taxonomic classification of collaborative design process"*, Proceedings ICED 03, Stockholm, août 2003.

P

[Pachuslki *et al.*, 00] Pachuslki A., Grundstein M., Rosenthal-Sabroux C., *"GAMETH: A Methodology Aimed To Locate The Company's Crucial Knowledge"*, ECKM00, 26-27 octobre 2000.

[Pahl et Beitz, 95] Pahl G., Beitz W., *"Engineering Design"*, Springer, Londres, 1984 et 1995.

[Pahl et Beitz, 96] Pahl, G., Beitz, W., *"Engineering Design – A Systematic Approach"*, Springer, New York, USA, 1996.

[Park *et al.*, 96] Park R.E., Goethert W.B., Florac W.A., *« Goal Driven Software Measurement – A guidebook »*, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA, 1996.

[Parsaei et Sullivan, 93] Parsaei H.R., Sullivan W.G., *"Principles of concurrent engineering"*, in "Concurrent engineering contemporary issues and modern design tools", Chapman & Hall, 1993.

[Perez *et al.*, 03] Perez R.L., Ogliari A., Back N., Martins R.A., *"Development of a model for assessment of design"*, Proceedings ICED 03, Stockholm, août 2003.

[Perrin *et al.*, 95] Perrin J., Villeval M.C., Lecler Y., *« Les requis organisationnels et institutionnels pour développer la coopération au sein des activités de conception »*, dans « Communicationnel pour Concevoir », Caelen J., Zreik K. (éds), Europia Productions, Paris, 1995.

[Perrin, 97] Perrin J., *« Cohérence, pertinence et évaluation économique des activités de conception »*, dans « Cohérence, Pertinence et Evaluation », Cohendet P ., Jacot J.H., Lorino P. (éds), Economica (ECOSIP), Paris, 1997.

[Perrin, 99] Perrin J., *« Pilotage et évaluation des processus de conception »*, , ISBN 2-7384-7579-5, Editions l'Harmattan, Paris, France, 1999.

[Perrin, 01] Perrin J., *« Concevoir l'innovation industrielle, méthodologie de conception de l'innovation »*, CNRS éditions, Paris, 2001.

[Petrash, 96] Petrash G., "*Dow's journey to a knowledge value management culture"*, European Management Journal, Vol.14, n°4, pp. 365-373, 1996.

[Polanyi, 66] Polanyi M., *"The Tacit Dimension"*, Routledge & Kegan Paul Ltd, Londres, 1966.

[Porter, 86] Porter M.E., *« Choix Stratégique et Concurrence »*, Economica, 1986.

[Poveda, 01] Poveda O. *"Pilotage technique des projets d'ingénierie simultanée, modélisation des processus, analyse et instrumentation"*, Thèse Institut National Polytechnique de Grenoble, 2001.

[Pritchard, 90] Pritchard R.D., *"Measuring and Improving organizational productivity: a practical guide"*, Praeger Publishers, New York, 1990.

[Prudhomme, 99] Prudhomme G., *« Le processus de conception de systèmes mécaniques et son enseignement – La transposition didactique comme outil d'une analyse épistémologique »*, Thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier, 1999.

[Pugh, 90] Pugh S., *"Total design, integrated methods for successful product engineering"*, Addison-Wesley, 1990.

[Pun, 99] Pun L., *« Comment maîtriser la vie - Méthodologie Yi-King Systémique »*, You-Feng (Ed.), Paris, France, 1999.

[Purcell *et al.*, 94] Purcell T., Gero J., Edwards H., Matka E., *"Design fixation and intelligent design aids"*, in Artificial Intelligence in Design, Gero J.S. and Sudweeks F. (ed.), Kluwer, 1994.

[Purchase et Kriz, 00] Purchase, S., Kriz, A., *"Towards a universal model of business networks"*, Entral Queensland Universty, 2000.

Q

[Quatrani, 00] Quatrani T., *« Modélisation UML sous Rational Rose 2000 »*, Eyrolles, Paris, France, 2000.

R

[Reilly *et al.*, 02] Reilly R., Lynn, G., Aronson, Z., *"The role of personality in new product development team performance"*, Journal of Engineering and Technology Management, Vol. 19, n°1, pp. 39- 58, 2002.

[Robin *et al.*, 04a] Robin V., Rose B., Girard Ph., Lombard M., *"Management of engineering design process in collaborative situation"*, 14th International CIRP design seminar, Le Caire, Egypte, 16-18 mai 2004.

[Robin *et al.*, 04b] Robin V., Girard Ph., Barandiaran D. *"A model of design environments to support collaborative design management"*, 5th International Conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering, IDMME 2004, Bath, 5-7 avril 2004.

[Robin *et al.*, 05a] Robin V., Rose B., Girard Ph., Lombard M., *« Integration des connaissances pour le pilotage des environnements de conception en conception collaborative »*, Revue Française de Gestion Industrielle, à paraître, 2005.

[Robin *et al.*, 05b] Robin V., Sperandio S., Blanc S., Girard Ph., *"Interactions modelling between factors influencing performance of the design process",* Proceedings ICED2005, Melbourne, Australie, 2005.

[Robinson, 96] Robinson G., Brian H.K., "*How to measure an organization's intellectual capital"*, Managerial Auditing Journal, Vol.11, n°8, pp. 36-39, 1996

[Roche, 00] Roche, C., *"Corporate ontologies and concurrent engineering"*, Journal of Materials Processing Technology, n°107, pp. 187-193, 2000.

[Roozenborg et Dorst, 98] Roozenborg N.F.M., Dorst K., *"Describing design as a reflective practice: Observations on Schön's theory of practice"*, in "Designers — The key to successful product development", E. Frankenberger, P. Badke-Schaub and H. Birkhofer (eds), Springer, Londres, pp. 29–41, 1998.

[Roosenberg et Eekels, 95] Roosenburg N.F., Eekels J., *"Product Design, Fundamentals and Methods"*, John Wiley & Sons, 1995.

[Roschelle et Teasley, 95] Roschelle J., Teasley S., *"The construction of shared knowledge in collaborative problem solving"*, in "Computer Supported Collaborative Learning", O'Malley C.E. (ed.), Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 69-97, 1995.

[Rose *et al.*, 02] Rose B., Gzara l., Lombard M., Lossent L., Ris G., *« Vers un référentiel commun pour les connaissances collaboratives dans l'activité de conception de produits »*, 1ier Colloque du groupe de travail Gestion des Compétences et des Connaissances en Génie Industriel, GCC-GI 2002, Nantes, 12-13 Décembre 2002.

[Rose, 04] Rose B., *« Proposition d'un référentiel support à la conception collaborative : CO²MED (COllaborative COnflict Management in Engineering Design), Prototype logiciel dans le cadre du projet IPPOP »*, Thèse de l'Université Henri Poincaré, Nancy-I, décembre 2004.

[Rose *et al.*, 05] Rose B., Robin V., Lombard M., Girard Ph., "*Use of collaborative knowledge and formalized exchanges to manage collaborative design environment*", International Conference on Product Lifecycle Management, PLM2005, 11-13 juillet 2005, Lyon, France.

[Rosenman et Gero, 98] Rosenman M.A., Gero J.S., *"Purpose and function in design : from the social-cultural to the technico-physical"*, Design Studies, Vol. 19, n°2, pp. 161-186, 1998.

[Roucoules, 99] Roucoules L., *"Les méthodes et connaissances: contribution au développement d'un environnement de conception intégrée"*, Thèse Institut National Polytechnique de Grenoble, 1999.

[Rowe, 95a] Rowe C., "*Clarifying the use of competence and competency models in recruitment, assessment and staff development"*, Industrial and Commercial Training, Vol. 17, n° 11, pp. 112-127, 1995.

[Rowe, 95b] Rowe C., "*Incorporating competence into the long-term evaluation of training and development"*, Industrial and Commercial Training, Vol.27, n°2, pp. 3-9, 1995.

[Roy et Bouyssou, 93] Roy B., Bouyssou D., *« Aide Multicritère à la Décision : Méthodes et cas »*, Economica, mai 1993.

S

[Sadfi, 02] Sadfi C., *« Problèmes d'ordonnancement avec minimisation des encours »*, Thèse Institut National Polytechnique de Grenoble, 2002.

[Sardas *et al.*, 02] Sardas J.C., Erschler J., De Terssac G., *« Coopération et organisation de l'action collective »*, dans « Coopération et connaissance dans les

systèmes industriels », sous la direction de Soënen R., Perrin J., Hermès-Lavoisier, 2002.

[Schön, 83] Schön D.A., *"The reflective practitioner: How professionals think in action"*, Basic Books, New York, 1983.

[Schreiber *et al.*, 94] Schreiber G., Wielinga B., Akkermans H., Van de Velde W., Anjewierden A., *"CML: the CommonKADS Conceptual Modelling Language"*, Proceedings of EKAW'94, Hoegaarden, Belgium, Steels & al, eds, Springer-Verlag, pp.1-25, septembre 1994.

[Seetharam, 02] Seetharaman A., Sooria H.H.B.Z., Saravanan A.S., "*Intellectual Capital accounting and reporting in the knowledge economy"*, Journal of Intellectual Capital, Vol. 3, n°2, pp. 128-148, 2002.

[Simon, 60] Simon H. A., *"The new science of management decision"*, Harper & Row, New York and Evanston, 1960.

[Simon, 73] Simon H., *"The structure of ill-structured problems"*, Artificial intelligence, pp. 181, 220, 1973.

[Simon, 84] Simon H.A., *"The Sciences of the Artificial"*, 2nd edition, MIT Press, New York, 1984.

[Sohlenius, 92] Sohlenius G., *"Concurrent Engineering"*, Annals of the CIRP, Vol. n°41/2, pp. 645-655, 1992.

[Soubie *et al.*, 94] Soubie J.L., Buratto F., Chabaud C., « *La conception de la coopération et la coopération dans la conception »*, dans « Coopération et Conception », G. de Terssac, E. Friedberg, Octares Editions, 1994.

[Sriram et Logcher, 92] Sriram D., Logcher R.D., *"DICE: an object oriented programming environment for cooperative engineering design"*, in "Artificial Intelligence in Engineering Design", Sriram D & Tong C. (eds.), New York Academic Press, 1992.

[Steinheider, 00] Steinheider, B., *"Cooperation in interdisciplinary R&D teams"*, Proceedings of the ISATA 2000, 2000.

[Stempfle, 02] Stempfle J. Badke-Schaub P., *"Thinking in design teams – an analysis of team communication"*, Design Studies, Vol. 23, n°5, pp. 473-496, 2002.

[Sudarsan *et al.*, 05] Sudarsan R., Fenves S. J., Sriram R.D., Wang F., *"A product information modeling framework for product life cycle management"*, Computer-Aided Design, Vol. 37, n°13, pp. 1399-1411, 2005.

[Suh, 90] Suh N.P., *"The principles of design"*, Oxford University Press, New York, 1990.

[Suh, 01] Suh N.P., *"Axiomatic Design: Advances and Applications"*, Oxford University Press, 2001.

T

[Takeda et al., 90] Takeda H., Veerkamp P., Tomiyama T., Yoshikawa H., *"Modeling Design Processes"*, AI Magazine, Vol. 11, n° 4, pp. 37-48, 1990.

[Tarondeau, 93] Tarondeau J.C., *« Stratégie Industrielle »*, Vuibert, Paris, 1993

[Tehari, 99] Tehari A., *« Analyse Morphologique de modèles pour décrire un produit par des caractéristiques en fonction du point de vue »*, Thèse de l'Université Claude Bernard, Lyon, 1999.

[Thurber, 99] Thurber M., "*Open road to strategic value: knowledge discovery framework for data warehouses"*, Intelligent Enterprise, Vol.2, n°8, 1999.

[Tichkiewitch , 94] Tichkiewitch S., *« De la CFAO à la conception intégrée »*, Revue de CFAO et d'infomatique graphique, Vol. 9, n°5, pp. 609-621, 1994.

[Tichkievitch *et al.*, 93] Tichkiewitch S., Tiger H., Jeantet A., *« Ingénierie simultanée dans la conception de produits »*, Université d'été Pôle Productique Rhône Alpes sur la modélisation en entreprise, Modane, France, 1993.

[Tichkievitch *et al.*, 95] Tichkiewitch, S., Chapa Kasusky, E., Belloy P., *« Un modèle produit multi-vues pour la conception intégrée »*, Congrès International de Génie Industriel, Montréal, La productivité dans un monde sans frontières, Vol. 3, pp. 1989-1998, 18-20 octobre 1995.

[Tyler, 66] Tyler, R. W., *"New dimensions in curriculum development"*, Ely, D. P. and Plomp, T. (Eds.), 1966.

U

[Ullman, 92] Ullman, D., *"The Mechanical Design Process"*, McGraw-Hill, Inc., New York, NY, 1992.

[Ullman, 02] Ullman D.G., *"The mechanical design process"*, Mc Graw Hill, 3ième édition, 2002.

[Ullrich et Eppinger, 00] Ulrich K.T., Eppinger S.D., *"Product design and development"*, 2nd édition, McGraw Hill International editions, 2000.

[Umeda *et al.*, 90] Umeda Y., Takeda H., Tomiyama T., Yoshikawa H., *"Function, behavior and structure"*, in "Applications of Artificial Intelligence in Engineering", Gero J.S. (ed.), Springer-Verlag, 1990.

V

[Visser, 02] Visser W., *« A Tribute to SIMON, and Some - Too Late - Questions, by a Cognitive Ergonomist »*, actes de la Conférence Internationale 'Les Sciences de la Conception', Lyon, 2002.

[Vroom et Jago, 78] Vroom, V., Jago, A., *"On the validity of the Vroom-Yetton model"*, Journal of Applied Psychology, Vol. 63, n°2, pp.151-162, 1978.

W

[Wallace et Clegg, 01] Wallace K., Clegg C., *"Visions for engineering design – a multi-disciplinary perspective"*, Proceedings ICED 01, Glasgow, août 2001.

[Wang *et al.*, 02] Wang F., Mills J.J., Devarajan V., *"A conceptual approach managing design resource"*, Computers in Industry, Vol. N°47, n°2, pp. 169-183, 2002.

[Whitfield et al., 00] Whitfield R. I., Coates G., Duffy A. H. B., Hills B., *"Coordination Approaches and Systems—Part I: A strategic perspective"*, Research in Engineering Design, Vol. 12, n°1, pp. 48–60, 2000.

[Williams, 92] Williams T.J., *"The Purdue Enterprise Reference Architecture"*, Instrument Society of America, Research triangle Park, NC, 1992.

[Williams *et al.*, 94] Williams T. J., Bernus P., Brosvic J., Chen D., Doumeingts G., Nemes L., Nevins J.L., Vallespir B., Vlietstra J., Zoetekouw D., *"Architectures for integrating manufacturing activities and enterprises"*, Computers in Industry - Vol. 24, n°2-3, 1994.

[Wisner et Fawcett, 91] Wisner J.D., Fawcett S.E., *"Link firm strategy to operating decisions through performance measurement"*, Production and Inventory Management Journal, Third Quarter, pp. 5-11, 1991.

Y

[Yannou, 98] Yannou B., *« Analyse fonctionnelle et Analyse de la Valeur »*, dans « Conception de produits mécaniques, méthodes, modèles et outils », Tollenaere M. (Dir.), Hermes, 1998.

[Yannou et Petiot, 02] Yannou B., Petiot J.F., *"Needs, perceptions, functions and products : highlights on promising design methods linking them"*, proceedings of IDMME'02, Clermont Ferrand, 2002.

[Yoshioka et Herman, 99] Yoshioka, T. and Herman, G., *"Genre taxonomy: a knowledge repository of communicative actions"*, Working Paper Series, MIT Center for Coordination Science, 1999.

Z

[Zacklad et Grundstein, 01] Zacklad M., Grundstein M., *« Ingénierie et capitalisation des connaissances »*, Edition Hermès, ISBN 2-7462-0234-4, Paris, France, 2001.

[Zanettin, 94] Zanettin M., *« Contribution à une démarche de conception des systèmes de production »*, Thèse de l'Université Bordeaux 1, France, 1994.

Annexes

Annexe 1. Présentation de la méthode GIM

1 Introduction

La méthode GIM (Grai Integrated Method) appartient à l'ensemble des méthodes qui constituent la Méthodologie GRAI dont le principal objectif est l'amélioration des performances des entreprises. GIM est basée sur les composants de la Méthodologie GRAI, c'est à dire sur le modèle conceptuel GRAI, sur des formalismes qui traduisent les concepts du modèle GRAI et sur la démarche générique. Les étapes de GIM sont :

- la modélisation du système existant,
- le diagnostic des modèles obtenus pour en déduire les points forts et des points à améliorer,
- la conception du système cible sur la base de ces derniers éléments et des objectifs assignés par la direction.
- l'élaboration d'un plan d'Action pour satisfaire les objectifs de l'étude.

Les objectifs principaux de GIM sont de proposer un modèle cible susceptible d'améliorer les performances du fonctionnement actuel du système étudié. Les principes de la démarche générique de la méthodologie GRAI qui sert de base à la méthode GIM reposent sur le fait que l'on ne peut pas modifier directement un système (un système de production, une entreprise) pour l'améliorer, compte tenu de l'état technologique et organisationnel dans lequel il se trouve. Nous dirons que son état actuel fige le système et rend très difficile son évolution. Il est donc nécessaire, en accord avec la démarche générique, de rechercher les modèles conceptuels du système existant. On travaille en plusieurs étapes (Figure 63) :

- on part de l'existant (niveau opérationnel),
- on décrit cet existant tel qu'il est (niveau réalisationnel) : (point 1),
- on cherche à déterminer les activités conceptuelles qui se cachent derrière la description du niveau réalisationnel (point 3).Il est parfois difficile de repérer le niveau structurel qui est le deuxième stade de la conceptualisation. Les modèles conceptuels doivent être indépendants de l'organisation mise en place.
- on effectue un diagnostic de ces modèles pour déterminer les points forts et les points à améliorer. Pour cela on utilise les règles du Modèle GRAI mais également la connaissance de l'ensemble des acteurs.

- à partir de ce diagnostic et en prenant en compte les Objectifs assignés au système (système de production, entreprise), on élabore le système CIBLE à un niveau Conceptuel (point 4),
- à partir du modèle Conceptuel CIBLE on cherchera à déterminer la structure du système qui sera implanté et en particulier on cherchera à déterminer les performances atteignables (évaluation, simulation) : (point 5),
- le point 6 permet d'élaborer de façon précise les spécifications du système et d'élaborer le choix des composants,
- le point 7 permet d'implanter le système et d'intégrer les différents composants.
- au point 8, on est en exploitation et on implante un Système d'Indicateurs de Pilotage.

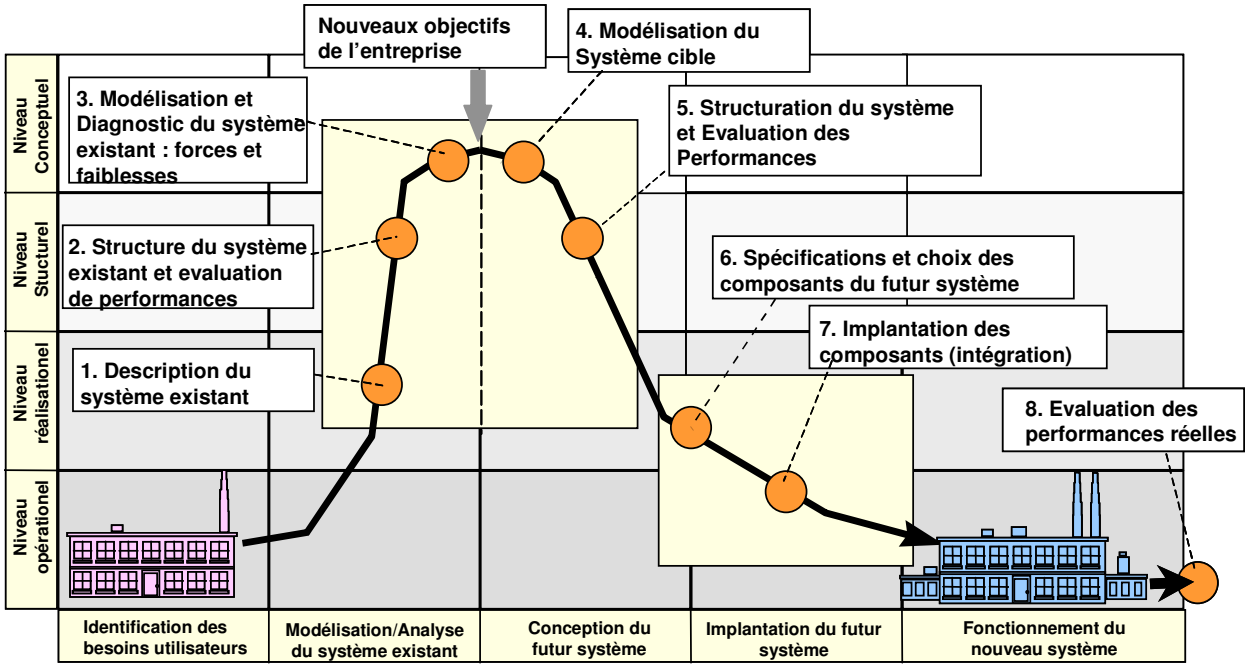


Figure 63. Les différentes étapes de re-engineering d'un système

La méthode GIM est une méthode participative dans laquelle toutes les étapes présentées sur la Figure 63 sont réalisées grâce à la mise en place de quatre groupes d'acteurs (Figure 64). La composition des groupes et leur rôle sont décrits comme suit :

- le groupe de pilotage, composé du ou des responsables du domaine étudié ainsi que du leader du projet, définit les objectifs et le domaine d'étude, évalue et valide les résultats à la fin des principales phases,
- le groupe de synthèse, composé des principaux décideurs du système étudié a deux types d'activités :

- fournir de l'information à un niveau global,
- rechercher, évaluer et choisir les solutions proposées aux différentes étapes.

- les spécialistes de la Méthodologie GRAI gèrent l'application de la méthode, collectent les informations, les mettent en forme, recherchent et proposent des solutions au groupe de synthèse.
- les interviewés, composé des autres décideurs et utilisateurs du domaine, fournit l'information aux spécialistes GRAI qui les mettent en forme grâce aux formalismes.
- les groupes de travail (composés de personnes compétentes de l'entreprise et/ou extérieurs), recherchent les solutions les mieux adaptées pour améliorer les points détectés.

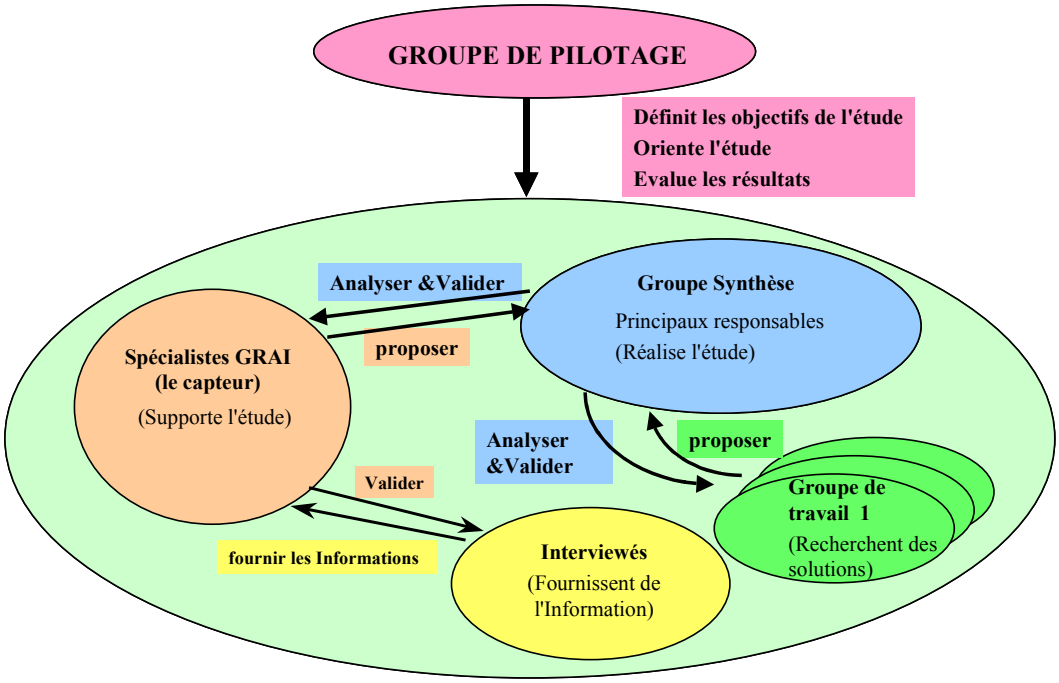


Figure 64. Les groupes impliqués dans l'application de GIM

Cette structuration en groupes est très certainement le point le plus constant de la démarche générique avec la transition du modèle opérationnel au modèle conceptuel et réciproquement.

2 Les étapes de la méthode de GIM

GIM est la méthode de la méthodologie GRAI qui permet de restructurer une entreprise ou une partie d'entreprise (service, département, atelier..). Basée sur la démarche générique de la Méthodologie GRAI, la structure générale de GIM est représentée sur la Figure 65. Elle met en œuvre les groupes définis dans la démarche générique.

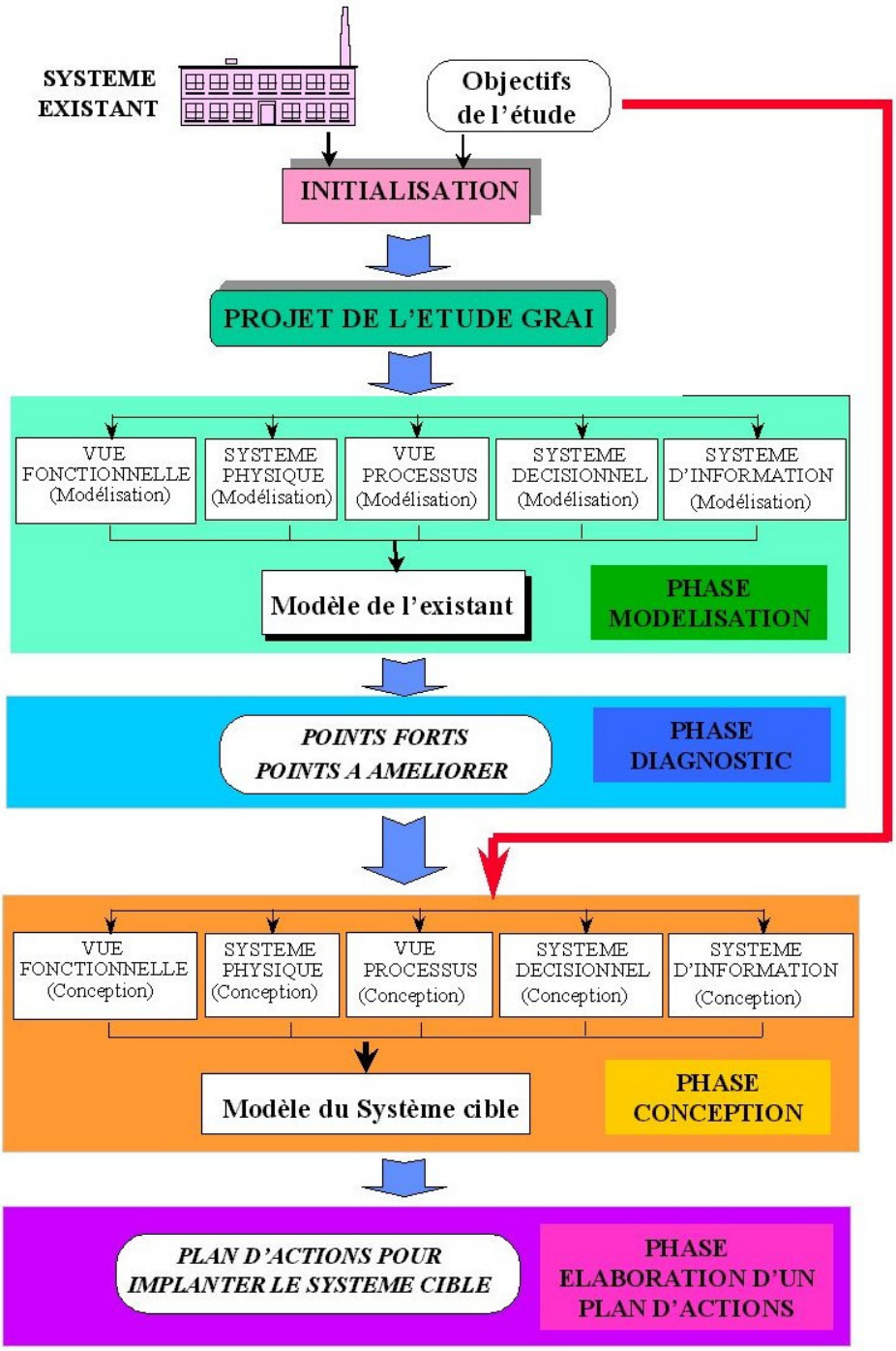


Figure 65. Structure générale de la démarche de GIM

2.1 La phase d'initialisation

Cette phase permet de préparer l'étude et d'élaborer un programme détaillé qui sera validé par le groupe de Pilotage (Réunion Gpi1). Au cours de cette réunion, le groupe de pilotage choisira les personnes qui seront impliquées dans l'étude (groupe de synthèse principalement). Le spécialiste GRAI qui mènera l'étude sera proposé. Ce spécialiste pourra être secondé par un ou plusieurs adjoints (dans le cadre d'une étude pour une unité inférieure à 100 personnes,

un spécialiste et éventuellement un adjoint sont nécessaires). Le rôle du spécialiste est d'être un véritable "capteur" d'information. Il doit avoir les mêmes qualités, à savoir : ne pas perturber le milieu dans lequel on le plonge et ne pas déformer l'information recueillie. Le spécialiste et ses adjoints pourront ou non appartenir à l'entreprise. Dans ce dernier cas ils devront avoir une connaissance sur le domaine concerné et recevront une formation de cinq jours : ils devront être guidés lors des deux premières études réalisées. Dans cette phase d'initialisation, on fera préciser au groupe de pilotage les objectifs de l'étude et la délimitation du domaine objet de l'étude. On prépare l'étude en établissant un planning très précis. Dans toute étude GIM, on retrouve des fondamentaux de base : les phases, les réunions à l'intérieur des phases et les interviews des décideurs (voir plus loin). GIM permet d'évaluer de façon précise les charges de travail aussi bien pour les intervenants (spécialistes) que pour l'entreprise (temps passé par les membres du groupe de synthèse, les interviewés et les membres du groupe de travail). Cette caractéristique de GIM (mais également de la Méthodologie GRAI) est importante.

2.2 La phase modélisation de l'existant

Cette phase permet la modélisation du système existant. Elle comprend la réalisation de la vue fonctionnelle et des trois systèmes (physique, décisionnel, informationnel) et de la vue processus. L'ordre dans lequel on réalise les modèles est important (Figure 66).

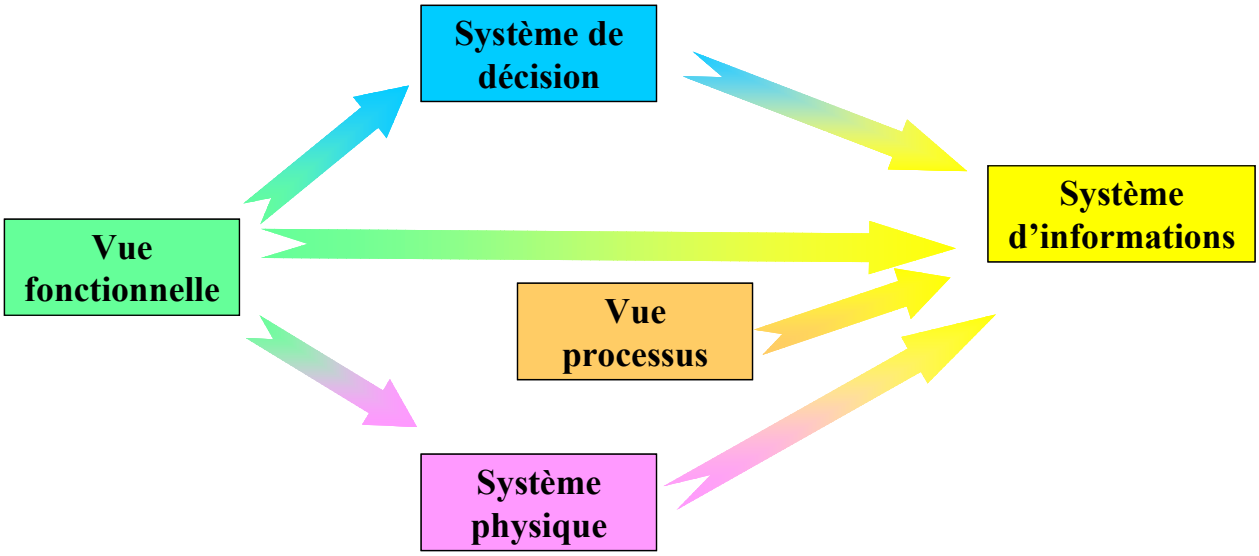


Figure 66. Ordre de Réalisation des Modèles

On commence par la Vue Fonctionnelle, puis on réalise en parallèle le Système Physique et le Système de Décision, ensuite la Vue Processus pour compléter et enfin le Modèle du Système d'Information est déduit des différents modules déjà réalisés et d'une collecte complémentaire

d'Informations. La Vue Fonctionnelle : elle permet de « Planter le décor » et de préciser le domaine d'étude. Comme il s'agit d'un domaine connu du groupe de Synthèse, elle permet de familiariser ce dernier avec les techniques de modélisation. La modélisation du Système Physique est relativement facile à réaliser. Tout d'abord ce modèle est un sous-ensemble de la Vue Fonctionnelle. Il traduit les activités qui contribuent directement à la réalisation des produits (des services) pour le client. Une fois le modèle A0 réalisé, on peut travailler par interviews. La modélisation Décisionnelle est plus difficile à réaliser. Il faut impliquer complètement le groupe de synthèse qui va fournir une synthèse globale de la structure décisionnelle. Ce modèle se consolidera au fur et a mesure : à la fois par le travail du groupe de synthèse et à la suite de la collecte d'informations par interviews. La Vue Processus permettra de représenter les liaisons transversales de l'entreprise. Un véritable PROCESSUS doit couvrir plusieurs fonctions de l'entreprise. On remarquera qu'il est pratiquement impossible de modéliser un processus à un niveau agrégé. Nous recommandons de démarrer à partir de la Vue Fonctionnelle (ou du Système Physique) à un niveau de décomposition avancé. On pourra utiliser des activités déjà identifiées dans les modèles cités. Le Système d'Information collecte l'ensemble des informations identifiées dans les quatre précédents modèles. Il peut être nécessaire de collecter des informations complémentaires qui n'auraient pas été identifiées précédemment.

Les différentes modélisations se font selon deux approches complémentaires :

- une approche descendante, menée avec le groupe de synthèse : on obtient les modèles globaux. Il faut toujours commencer par réaliser ces modèles.
- une approche ascendante, basée sur des collectes d'informations sur le terrain auprès des personnes qui ont la connaissance sur l'activité. Ces personnes sont identifiées par le groupe de synthèse. Ce travail est mené par le groupe de spécialistes auprès des personnes interviewées, désignées par le groupe de synthèse. Les informations collectées sont tout d'abord validées par l'interviewé puis présentées au groupe de synthèse.

On constate dans GIM en général, que trois ou quatre versions sont nécessaires pour obtenir une modélisation pertinente du système étudié. L'obtention des versions finales des modèles clôt la première étape de la phase de modélisation. La démarche de GIM a l'originalité d'utiliser une approche descendante qui donne la vision globale du système étudié. Cette vision est obtenue par un travail collectif avec le groupe de synthèse. Cette vision globale n'est pas suffisante mais très importante pour permettre aux responsables d'avoir une

représentation coordonnée de l'entreprise et surtout pour gagner du temps dans la collecte d'information par interview. On complète ainsi cette vision globale par une collecte d'informations dans une approche ascendante par interviews individuelles. Le rapprochement de ces deux visions est très important pour détecter les points à améliorer dans le système analysé.

2.3 La phase de diagnostic

Le diagnostic des modèles a pour but de détecter les points à améliorer mais également les points forts. Tout d'abord nous ferons remarquer qu'à ce stade de l'étude, la phase précédente a permis déjà d'apporter des améliorations. En effet à l'issue de chaque réunion, il est possible de comparer les modèles obtenus avec le groupe de synthèse (approche descendante) et les informations collectées à l'issue des interviews. Il arrive parfois que les modèles ne correspondent pas : le groupe de synthèse avait un point de vue, la modélisation de terrain montrant que la situation est différente. Par ailleurs, le fait de représenter le fonctionnement du système existant au groupe de synthèse amène celui-ci à proposer des améliorations basées sur l'expérience, la connaissance du domaine étudié et les discussions entre les membres du groupe de synthèse. L'obtention des modèles version finale à la fin de la phase modélisation a permis déjà d'apporter des améliorations au système existant qui d'ailleurs peuvent dans certains cas être implantées immédiatement sans attendre la fin de l'étude. On peut dire que la version finale des modèles, décrit une situation stabilisée. Il est recommandé néanmoins de récapituler l'ensemble des points à améliorer. La phase diagnostic proprement dite va consister en deux étapes :

- L'élaboration de la liste des points forts est absolument indispensable. En effet de nombreuses applications du « Re-engineering DRASTIC » ont comme conséquence de faire perdre les points forts de l'existant. Il faut au contraire chercher à les renforcer. Pour les déterminer on peut :
    - déterminer des indicateurs de performance et chercher à se comparer aux « Best Practices » du domaine considéré.
    - réaliser des études de BENCHMARKING avec des concurrents ou des organisations présentant des similarités. Ces études peuvent être très légères.
- La détermination des points à améliorer qui utilise les techniques suivantes :
    - analyse des modèles réalisés et application soit des « Règles de Bon Sens » soit utilisation de la connaissance des Membres du groupe de Synthèse, ou celle des Interviewés ou éventuellement celles de spécialistes extérieurs.

A partir de la liste des points à améliorer et des objectifs définis pour le futur système à concevoir ou établira une liste de "pistes de solutions". En effet, il peut s'avérer qu'à plusieurs points à améliorer, correspondent une solution qu'il faudra analyser, évaluer et consolider : c'est pour cela que l'on parle de pistes de solutions. Il est recommandé de ne pas retenir plus de 3 ou 4 pistes de solutions couvrant le maximum de points à améliorer. En général la phase diagnostic se réduit à une réunion (peut être deux).

2.4 La phase de conception du système cible

La phase conception consiste à rechercher les modèles du futur système, c'est à dire les modèles qui d'une part répondent aux objectifs assignés et qui d'autre part permettent de répondre aux "points à améliorer" détectés dans la phase précédente tout en conservant les points forts identifiés. La phase conception conserve le principe des groupes de synthèse avec le même rôle : recherche de solutions et de cohérence, validation des propositions. Afin de faciliter la recherche de solutions, pour chaque piste de solutions, on constituera un groupe de travail (des personnes compétentes en interne ou en externe, appartenant ou non au groupe de synthèse) qui faciliteront cette recherche de solutions. Néanmoins le groupe de synthèse aura à valider ces propositions de solutions et surtout à contrôler la cohérence globale. Le groupe de synthèse devra initialiser la phase conception en proposant deux ou trois solutions globales à l'aide des différents modèles. Des considérations liées à la vue processus peuvent influencer cette recherche de solution globale. Une solution globale devra être choisie basée sur une évaluation des performances liées aux objectifs. A partir de cette solution globale, une conception détaillée sera entreprise sur les trois systèmes de base : Physique, Décision, Information, la vue fonctionnelle donnant le cadre de la solution, la vue processus détaillant quelques processus transversaux jugés critiques. Cette solution détaillée devra être déclinée à deux niveaux : conceptuel et structurel :

<u>*Niveau conceptuel*</u> : description de l'ensemble des activités indépendamment de l'organisation et de la technologie,

<u>*Niveau structurel*</u> : on propose un regroupement d'activités, toujours de façon indépendante de la technologie mais en tenant compte :

- Des contraintes "dures" identifiées dans la phase modélisation de l'existant,
- Des critères de type flexibilité, sécurité, évolutivité, du système cible.

Ce modèle décrit donc dans le langage GRAI, ce que les utilisateurs souhaitent. C'est pour cela qu'on l'appelle le modèle CIBLE.

2.5 Remarques sur les modèles de référence spécifiques

Les modèles de référence sont des modèles représentant des systèmes de production des types d'entreprises bien identifiés (MRP, Production Unitaire, Juste-A-Temps, service, …). Ces systèmes de production sont particuliers car ils représentent une catégorie de systèmes de production en fonction de la réponse au marché, de la répétitivité de la production, de l'importance des séries, de l'organisation produit/process, de la nature de la valeur ajoutée, …
Ils sont idéaux car la solution qu'ils proposent est celle qui convient le mieux en théorie. Les modèles de référence servent de guides dans la conception d'un système de production ou de modèles de comparaison pour juger de l'écart entre une situation réelle et une situation future possible. Des modèles de référence dans le service sont aujourd'hui en cours de développement. Ils se présentent sous la forme de modèles construits avec les formalismes de modélisation de GRAI accompagnés de règles explicatives. Les modèles de référence spécifiques représentent une capitalisation des connaissances des experts et peuvent servir de base à des approches de type "benchmarking".

3 Phase Elaboration du Plan d'Actions

La mise en œuvre de la méthodologie GRAI correspond toujours à un objectif qui aura été défini par la Direction Générale : Pourquoi on effectue cette étude ? (à ne pas confondre avec les objectifs du Système Cible qui doivent être déduits des objectifs de l'entreprise).
Le plan d'actions dépendra donc des Objectifs de l'étude. Les principaux domaines de mise en œuvre du Modèle Cible sont :

- le schéma Directeur Intégré.
- la mise en place d'un système d'Indicateur de Pilotage.
- la documentation des procédures Qualité et la gestion des Connaissances.

3.1 Le Schéma Directeur Intégré

La définition d'un Schéma Directeur Intégré débouchant sur la recherche de solutions dans les domaines Informatiques, Organisationnels au même METIER (c'est la conséquence d'une remise en cause du Système Physique). Dans ce cas le Plan d'Actions devra planifier la phase choix des Solutions (on pourra utiliser le module GIMSOFT de la Méthodologie GRAI) et la phase implantation des solutions (on pourra utiliser le module GIMPLANT de la Méthodologie GRAI).

3.2 La mise en place d'un Système d'Indicateur de Pilotage

Le module ECOGRAI de la Méthodologie GRAI est particulièrement recommandé. La mise en place peut se faire progressivement.

3.3 La Documentation des procédures Qualité et la gestion des Connaissances

Il est évident que le modèle CIBLE constitue le chœur du modèle de l'entreprise. A partir de ce modèle on pourra développer chacun des sous-modèles (fonctionnel, physique, décisionnel, processus et information) en progressant de plus en plus vers le détail de chacune des activités. On pourra ainsi :

- d'une part développer la documentation des procédures qualité,
- d'autre part constituer une base de connaissance sur l'entreprise que l'on pourra gérer.

Il est à noter que ce travail pourra être programmé au rythme que décidera l'entreprise, soit en fonction des urgences soit en fonction des opportunités.

4 La formation et la communication

La méthode GIM est un excellent moyen pour former le personnel de l'entreprise et pour améliorer la communication entre les services, entre les fonctions et entre les personnes. La formation (et le développement de la communication) se développe avec les acteurs directs impliqués dans la méthode GIM. La participation à l'étude pour les membres du groupe de synthèse et pour les interviewés est un moyen extrêmement efficace. Une fois le modèle cible élaboré, il peut servir pour l'élaboration d'un programme de formation du personnel de l'entreprise ainsi que pour élaborer un plan d'action pour développer la communication dans l'entreprise.

5 Réalisation du plan d'action

Dans tous les cas, le plan d'action devra :

- déterminer les activités à réaliser en les caractérisant de façon précise : par exemple types d'investissement à réaliser (exemple : liste de progiciels susceptibles d'être choisis (un maximum de cinq)), ou Modules de Formation à mettre en place, ou planning du développement du Plan Qualité,
- préciser les moyens à utiliser pour réaliser ces activités,
- effectuer un planning,

- calculer le montant des investissements à réaliser et effectuer un premier calcul du retour sur investissement
- déterminer des indicateurs de performances qui à posteriori permettent d'évaluer les effets de ces investissements.

6 Conclusion

GIM est une méthode de re-engineering participative. A la différence des méthodes de BPR (Business Processes Re-Engineering) les phases modélisation et analyse permettent d'orienter la conception en améliorant les points sujets à discussion dans le cadre des objectifs fixés par la direction. Le fait d'identifier les "points forts" permet aussi d'attirer l'attention des concepteurs afin de ne pas perdre ces avantages. La démarche participative est un facteur d'adoption de la solution.

Annexe 2. Présentation de la méthode GRAI Ingénierie

1 Caractérisation de la méthode GRAI Ingénierie

La méthode GRAI Ingénierie constitue une approche globale pour la modélisation des systèmes de conception. Elle a pour objectif d'amener l'entreprise à maîtriser ses processus de conception pour en améliorer la performance. Cette méthode permet d'élaborer les modèles de conduite et d'organisation des systèmes technologiques mais également de compléter le système d'information afin de gérer les connaissances nécessaires à la conduite de l'ingénierie.

1.1 Définition des modèles utilisés par la méthode

La méthode GRAI Ingénierie intègre le patrimoine des connaissances nécessaires pour la conduite. Lors de la modélisation du système de conception puis de la conception du nouveau système, il est nécessaire de décrire le système étudié à l'aide de modèles compréhensibles par les acteurs de l'entreprise. La modélisation du système de conception repose sur quatre modèles :

- le modèle du système décisionnel,
- le modèle du système technologique,
- le modèle du système d'information,
- le modèle du patrimoine des connaissances.

La représentation du système décisionnel est faite à l'aide de la structure GRAI R&D et des réseaux GRAI. Celle du système technologique s'effectue à l'aide des centres de conceptions, du modèle de produit et du modèle de processus [Eynard 99]. La méthode GRAI Ingénierie permet d'établir ces modèles en s'appuyant fortement sur les acquis de la méthode GIM. La Figure 67 récapitule l'ensemble des modèles nécessaires pour supporter la modélisation du système de conception.

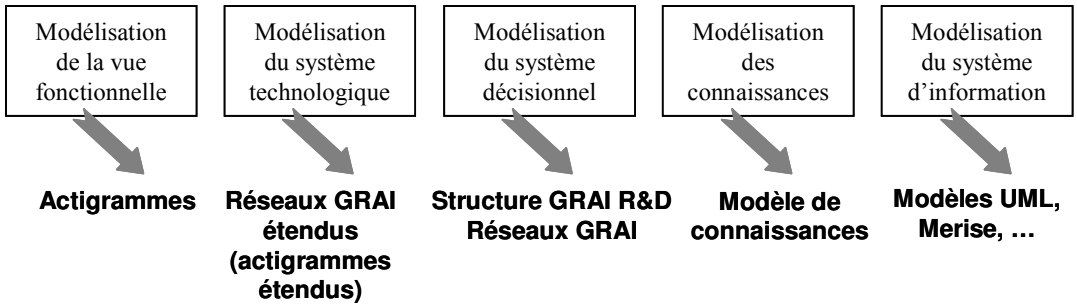


Figure 67. Modèles utilisés pour représenter le système de conception

1.2 Les différentes phases de la méthode GRAI Ingénierie

Les phases de la méthode GRAI Ingénierie sont au nombre de trois (Figure 68) :

- une phase d'initialisation,
- une phase de modélisation du système existant,
- une phase de conception comportant une étape de conception orientée utilisateurs, puis une étape de conception orientée technique.

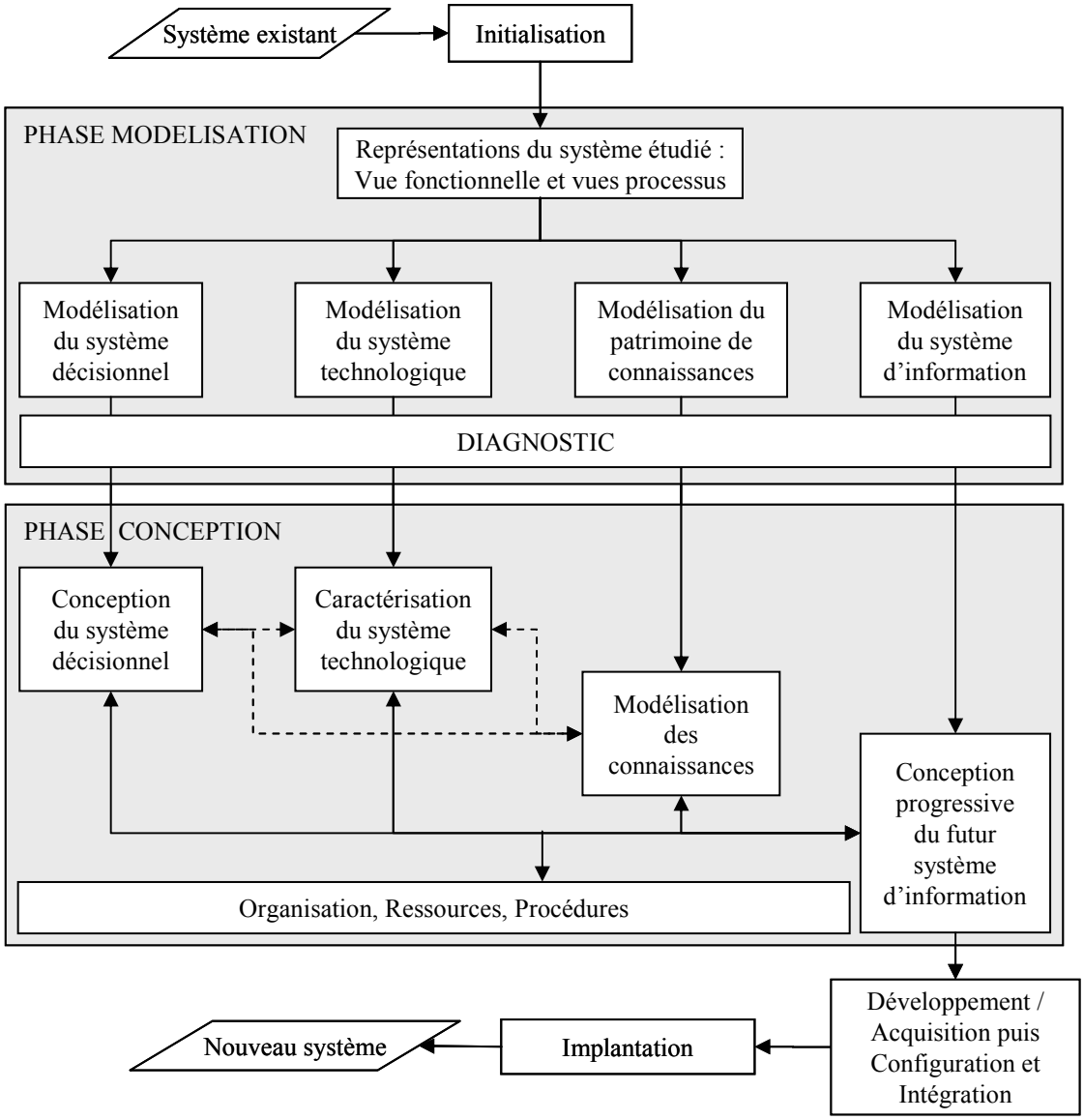


Figure 68. Les différentes étapes de la méthode GRAI Ingénierie

La **phase d'initialisation** implique les groupes de pilotage et de synthèse pour définir les limites du système de conception étudié et les conditions de mise en œuvre de la méthode.

La **phase de modélisation** aboutit à la modélisation du système actuel et à son évaluation. L'organisation des projets et des hommes, les processus existants, les flux d'information sont quelques-uns des éléments étudiés. L'analyse, menée par le groupe d'analystes en s'appuyant sur les groupes de travail, porte sur le niveau de synchronisation et de coordination au sein du système, comme sur l'homogénéité des processus et la cohérence des flux d'information. Durant cette phase sont modélisés :

- la vue fonctionnelle du système de conception étudié, à l'aide du formalisme des actigrammes, représentant l'organisation du système technologique,
- le système technologique, à l'aide du formalisme des actigrammes étendus : l'ensemble du processus de conception est modélisé en distinguant les flux projets et les flux des données techniques, ces deux flux sont toutefois représentés simultanément pour caractériser leurs interactions ; d'autre part, le processus est étudié à différents niveaux de granularité de façon à faire apparaître le processus global, les processus particuliers aux différents types de projet, et les processus élémentaires et répétitifs, donc automatisables,
- le système décisionnel, à l'aide de la structure GRAI R&D : plusieurs peuvent être élaborées en fonction des différents types de projet menés dans le système de conception,
- le patrimoine de connaissances à l'aide du modèle de connaissance de Merlo [Merlo, 03] qui devra être géré par l'intermédiaire du système informationnel,
- le système informationnel, à l'aide des modèles associés à l'approche informatique privilégiée par l'entreprise (par exemple une approche comme Merise, ou une approche objet basée sur UML).

Les modèles élaborés sont évalués par le groupe de synthèse et validés par le groupe de pilotage. Le diagnostic est préparé par le groupe d'analyste et élaboré avec le groupe de synthèse. Il identifie les points forts et les points d'amélioration à apporter. Le groupe de pilotage corrige éventuellement les objectifs initiaux avant d'engager la phase suivante.

La **phase de conception** prend en compte les résultats de l'analyse mais aussi les objectifs fournis par les futurs utilisateurs, exprimés notamment en terme de performance attendue. Elle a pour but de transformer ces objectifs en solutions permettant de les atteindre, et par conséquent en spécifications du futur système de conception.

L'étape de **conception orientée utilisateurs** intègre :

- la modélisation du futur système décisionnel :

- la modélisation d'une structure GRAI R&D pour les différents types de projet de conception à prendre en compte (routinier, innovant, …), en fonction des objectifs relatifs aux orientations stratégiques de développement de produit,
- la modélisation de chaque centre de décision à l'aide des réseaux GRAI, en s'appuyant sur la caractérisation des mécanismes de structuration du système technologique.
- la caractérisation du système technologique, à l'aide des réseaux GRAI étendus : sa structuration est établie et ré-évaluée par le système décisionnel en cours de projet de conception, la modélisation du nouveau système technologique ne peut qu'être partielle :
- la modélisation globale du processus de conception est établie, ainsi que celle des processus élémentaires et répétitifs,
- les principes et les règles pilotant cette structuration sont énoncés et caractérisés de façon à guider ultérieurement les centres de décision au cours des projets de conception (en complément de leur caractérisation par les réseaux GRAI).
- la modélisation des connaissances, qui dépend en partie des mécanismes identifiés à l'aide des modèles du système décisionnel et du système technologique.

La **conception orientée technique** spécifie de façon détaillée le nouveau système d'information à partir de l'ensemble des spécifications utilisateurs. A ce titre ce système d'informations intègre tout à la fois les besoins fonctionnels des utilisateurs relativement aux mécanismes issus des modèles précédents et les besoins en gestion des connaissances.
En outre il sera nécessaire d'accompagner l'implantation de ce futur système d'information d'actions spécifiques visant à transformer le système de conception existant pour l'amener vers le nouveau système modélisé. Un ensemble de conditions de mise en œuvre sont ainsi établies à partir des mécanismes issus des modèles GRAI R&D. Les actions qui en découlent portent sur l'organisation des hommes et des ressources physiques et informationnelles ainsi que sur la formalisation d'un ensemble de procédures (méthodes de travail, guides méthodologiques, règles métier) exploitables par les acteurs. Le déploiement de la méthode GRAI Ingénierie relève donc d'une démarche d'entreprise qui implique un travail important de ré-ingénierie et génère de nouveaux modes de fonctionnement. Il est essentiel que la direction de l'entreprise s'implique dans cette démarche afin de garantir les moyens nécessaires à sa mise en œuvre. Elle doit également générer une dynamique qui permette de fédérer les acteurs autour de ce projet et d'en maintenir la motivation par la suite.

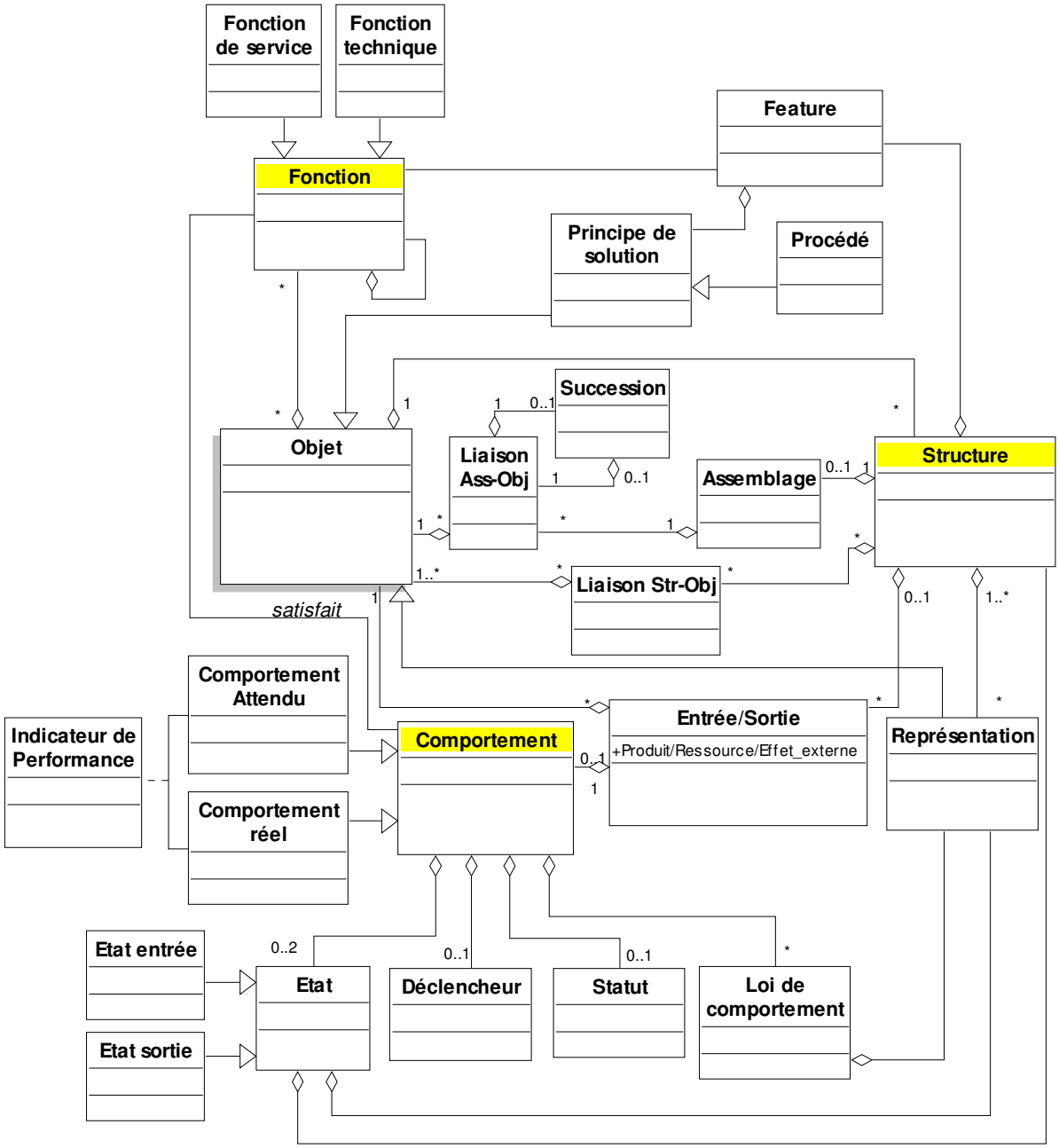
Annexe 3. Tableau de synthèse des modèles processus/produit/ressource [Labrousse, 04]

		IDEF0	IDEF3	IDEF 0+3	SAGEP	GRAI	PATTERN	FBS	MOKA	HARANI
Processus	Fonction	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Non
	Comportement	Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Non	Non	Partiel
	Structure	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui
	Gestion temporalité	Non	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Non	Oui	Oui
Produit	Lien process/produit	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui
	Fonction	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
	Comportement	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
	Structure	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Ressource	Lien process/ressource	Oui	Oui	Oui	Partiel	Oui	Oui	Non	Oui	Partiel
	Fonction	Non	Non	Non	Non explicité	Oui	Oui	Non	Non	Oui
	Comportement	Non	Oui	Oui	Non	Oui	Non	Non	Non	Partiel
	Structure	Non	Non	Non	Non explicité	Oui	Oui	Non	Non	Non
Effet externe	Lien processus/ effet externe	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non
	Fonction	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
	Comportement	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
	Structure	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non

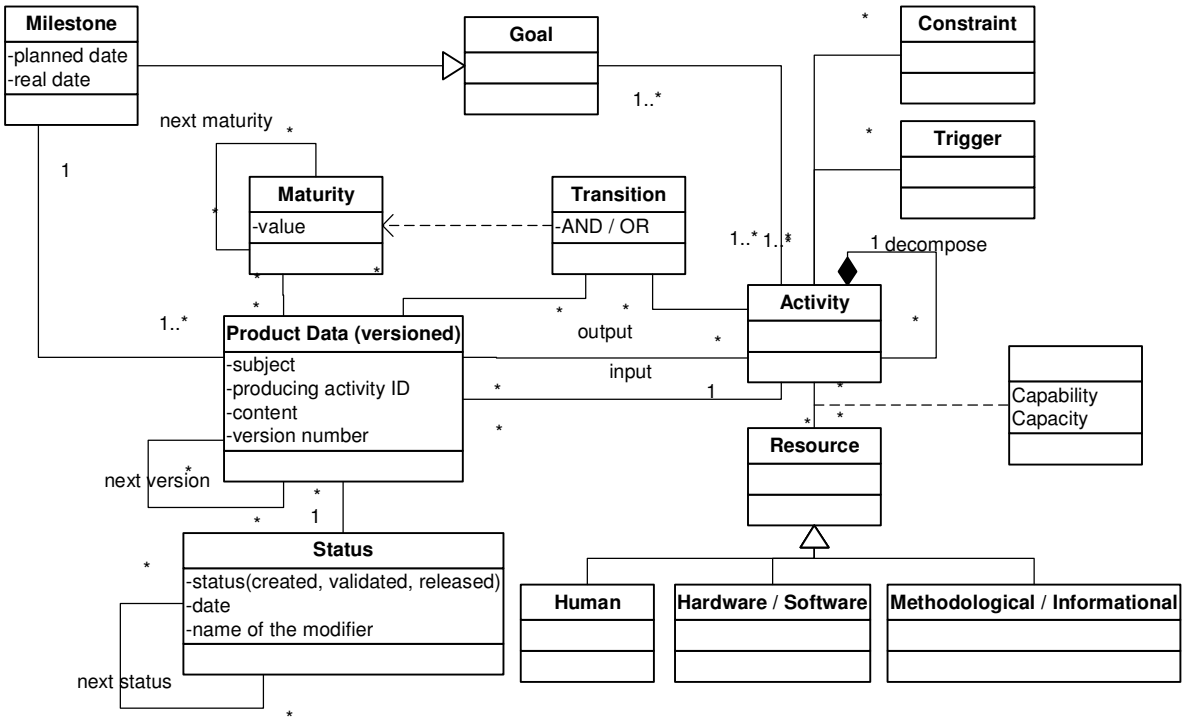
Annexe 4. Les outils de modélisation du processus de conception [Nowak *et al.*, 04]

	IDEF 0	*IDEF 3*	*Réseau de Petri*	*Graphcet*	*UML*	*GRAI*	*Windchill*	*WfMC*
Représentation graphique	●	●	●	●	●	●		
Planification	●	●	●		●	●		
Description dans un langage formel			●				●	●
Liens temporels entre activités		●		●	Partiellement	●	●	●
Notion de déclencheur		Notes de texte	●	●	●	●	●	Définissable
Rôle sémantique du flux	●					●		
Flux convergent/divergent	●	●	●	●		●	●	●
Logique de convergence/divergence		●	●	●		●	●	Partiellement
Synchrone / Asynchrone convergence / divergence		●	●	Synchrone	●		Possible	
Notion de collaboration		Weak			Partiellement			
Représentation multi niveau	●	●	●	●	●	●		●
Justification de la prise de décision							●	
Liens entre les états du produit	●		Partiellement			●	●	
Liens avec le modèle organisation					●	●	●	●

Annexe 5. Diagramme de classes UML du modèle FBS-PPRE [Labrousse, 04]



Annexe 6. Méta-modèle du processus de conception, projet IPPOP [Nowak *et al.*, 04]



Annexe 7. Eléments de description du facteur humain

1 Les compétences « d'apprentissage »

1.1 Les styles d'apprentissage

Les styles d'apprentissage ont été définis à partir du processus de l'approche expérientielle [Kolb et Fry, 75]. Ce processus constitue un cycle, associant la pensée et l'action et distinguant deux formes d'acquisition des connaissances (pensée) et deux modes de transformation de l'expérience (action) (Figure 69).

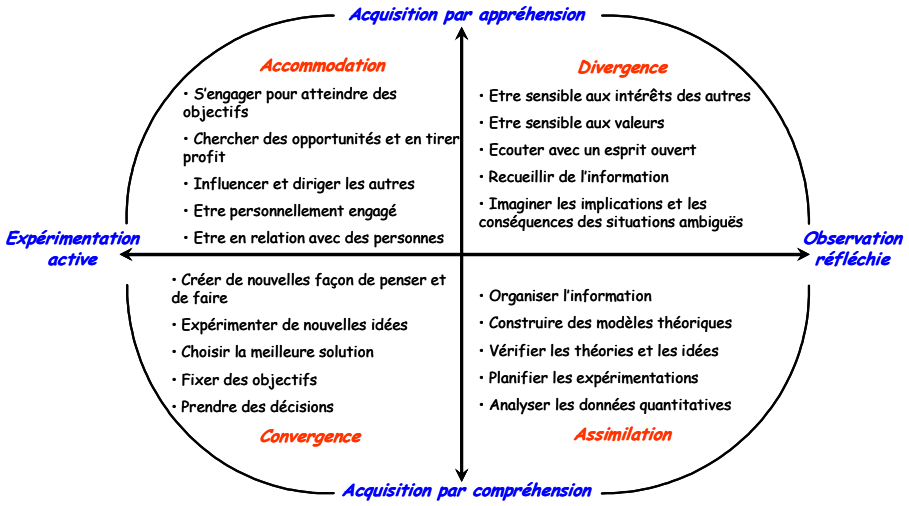


Figure 69. Les styles d'apprentissage et compétences associées [Kolb et Fry, 75]

Les quatre étapes du cycle représentent en fait les habiletés requises pour apprendre et pour résoudre des problèmes. Dans la réalité, les individus ont tendance à privilégier une ou deux habiletés au détriment des autres. Quatre styles d'apprentissage ont été définis à partir de ces quatre habiletés : l'assimilation, l'accommodation, la divergence et la convergence.

L'assimilation est un style d'apprentissage caractérisé par l'observation réfléchie et la conceptualisation abstraite. L'individu a tendance à raisonner par induction, à s'intéresser aux idées, aux concepts abstraits, à l'analyse, à la logique. Ses forces résident dans sa capacité à créer des modèles théoriques et à apprendre de ses erreurs.

L'accommodation est un style d'apprentissage caractérisé par l'expérimentation active et l'expérience concrète. L'individu aime faire des choses et réaliser des plans et des expériences. Ses forces résident dans sa capacité à agir et à réagir en fonction des faits.

La divergence est un style d'apprentissage caractérisé par l'expérience concrète et par l'observation réfléchie. L'individu aime imaginer des choses, aborder les situations concrètes

à partir de plusieurs perspectives. Ses forces résident dans sa capacité à comprendre plusieurs points de vue et à reconnaître les possibilités d'action dans un contexte donné.

La convergence est un style d'apprentissage caractérisé par la conceptualisation abstraite et par l'expérimentation active. L'individu aime appliquer des idées à des situations concrètes, trouver la bonne solution, raisonner de manière hypothético-déductive, s'intéresser aux objets et à la technique. Ses forces résident dans sa capacité à concentrer ses efforts sur la résolution d'un problème et à établir un plan d'action.

1.2 Les styles cognitifs

En complément des styles d'apprentissage, nous pouvons citer le modèle des styles cognitifs. Il fait référence aux différences individuelles dans le traitement des informations et la prise de décisions [McKenney et Keen, 74]. Il est construit à l'aide de deux facteurs : la façon de recueillir des informations et la façon d'analyser et d'interpréter les informations (Tableau 18).

Tableau 18. Modalités du recueil, de l'analyse et de l'interprétation des informations

Collecte de l'information : préceptive • Se sert d'un modèle préconçu pour recueillir les données, • Se concentre sur les relations entre les données, • Recherche des similitudes et des écarts entre les données et le modèle.	***Collecte de l'information : réceptive*** • Est sensible au stimulus lui-même, • Se concentre sur les faits et les détails, • Essaie de trouver le sens de l'information sans idée préconçue.
Analyse et interprétation de l'information : systématique Pose le problème en suivant une méthode de résolution bien définie qui, si elle est suivie, conduit à une solution vraisemblable.	***Analyse et interprétation de l'information : intuitive*** Prêt à redéfinir le problème à mesure que le processus avance, à essayer différentes solutions, à rejeter des données.

2 Les compétences « comportementales »

2.1 Les comportements humains et la personnalité

La personnalité d'un individu peut se décrire de deux façons différentes : par les traits ou par les types. Les traits de personnalité correspondent à une des dimensions de la personnalité qui servent à décrire quelqu'un et à prédire des comportements typiques. Les types de personnalité se rapportent à une combinaison unique d'attributs qui sont censés déterminer certaines tendances personnelles et des réactions typiques. La personnalité est maintenant

reconnue comme un concept incontournable pour comprendre les attitudes et les comportements des individus dans les organisations. Comprendre la personnalité aide les responsables de projet à concevoir le travail en fonction des différences individuelles et à développer les compétences.

2.2 Les traits de personnalité

Le modèle des Cinq Facteurs Duaux

Le modèle des cinq facteurs de la personnalité (Tableau 19) décrit cinq facteurs de la personnalité : l'extraversion, la stabilité émotionnelle, la conscience, la sociabilité et l'ouverture aux expériences. Chacune de ces caractéristiques est associée à son opposé, ce qui confère un caractère dual au modèle. Il y a eu plusieurs versions de ce modèle mais c'est la version de McCrae et Costa [McCrae et Costa, 91] qui est la plus souvent recommandée, et la plus utilisée par les psychologues oeuvrant dans les organisations. La façon dont ces cinq facteurs sont structurés chez une personne semble influencer sa réaction au stress, ses intérêts professionnels, sa créativité et ses relations interpersonnelles.

Tableau 19. Les cinq facteurs de la personnalité

Extraversion Degré auquel un individu est sociable, a besoin de compagnie, de stimulation et d'activités, manifeste de l'audace.	***Introversion*** Degré auquel un individu recherche le calme, la concentration et la réflexion, a besoin d'intimité et de solitude, manifeste de la réserve.
Stabilité émotionnelle Degré auquel un individu est régulier et serein, a confiance en lui, a de l'assurance, est prêt à faire face aux conflits et à l'anxiété de manière positive.	***Anxiété*** Degré auquel un individu est inquiet, irritable et anxieux, mal à l'aise avec les autres, d'humeur dépressive, prédisposé à la détresse psychique.
Conscience Degré auquel un individu est fiable, responsable, travailleur, méticuleux, organisé, persévérant, a besoin de réussite.	***Négligence*** Degré auquel un individu a tendance à laisser traîner les choses, à négliger ses affaires et à laisser passer les occasions.
Sociabilité Degré auquel un individu est bienveillant, courtois, flexible, conciliant, facile à vivre, altruiste, a l'esprit de coopération.	***Insociabilité*** Degré auquel un individu montre de l'indifférence, de l'intransigeance, de la dureté, de l'hostilité et de l'agressivité envers autrui.
Ouverture aux expériences Degré auquel un individu est curieux, original, vif d'esprit, ouvert aux autres cultures, a de l'imagination et de la sensibilité esthétique.	***Dogmatisme*** Degré auquel un individu est conformiste, moralisateur, conservateur, préfère le familier et la routine.

Modèle des deux traits de la personnalité au travail

Ce modèle décrit deux traits de personnalité qui déterminent les attitudes des personnes au travail [Lesage et Rice-Lesage, 82] : le lieu de contrôle et le degré de confiance.

Le lieu de contrôle a deux composantes : l'internalité et l'externalité. L'internalité caractérise la personne qui croit pouvoir exercer une influence sur les évènements qui la concerne. Elle a tendance à croire que ce qui lui arrive dans la vie dépend d'elle et qu'elle peut obtenir ce qu'elle veut si elle fait ce qu'il faut. A l'opposé, l'externalité caractérise la personne qui croit que ce qu'il lui arrive ne dépend pas d'elle, mais de facteurs extérieurs. Elle a tendance à croire que la vie est régie par des évènements que personne ne peut prévoir et que le bonheur n'est qu'une question de chance.

Une personne peut croire qu'elle maîtrise les évènements, mais comme on ne sait pas si elle trouve cela agréable ou désagréable, il faut donc rajouter un deuxième trait de personnalité pour expliquer les différences de comportement : le degré de confiance.

Le degré de confiance : le deuxième trait de personnalité, la confiance dans les autres, concerne la perception qu'à la personne des intentions, des attitudes et des conduites d'autrui.

Avoir confiance dans les autres, c'est les percevoir comme honnêtes et bons, capables d'écouter et de comprendre et prêts à collaborer avec soi. A l'opposé, avoir de la méfiance, c'est percevoir les autres comme malintentionnés, égoïstes et malhonnêtes. La typologie construite à partir des ces deux traits de personnalité permet de comprendre et d'expliquer les choix professionnels, et de prévoir comment chaque type de personnalité va se comporter (Tableau 20). A partir de cette typologie, il est possible de prévoir : les principales difficultés que chaque individu rencontrera dans son travail, les réactions typiques de chaque type d'individu, le genre d'emploi lui convenant le mieux.

Tableau 20.Typologie de comportements professionnels

Interne - Confiant • Attiré par des entreprise dynamiques • Recherche des postes où il pourra relever des défis • A plaisir à travailler • Développe ses compétences tout au long de sa vie professionnelle	***Externe - Confiant*** • Attiré par des employeurs qui se soucient de lui • Recherche des postes de collaborateur dévoué • Se comporte en courroie de transmission • Développe son attachement à un patron bienveillant qui le guide
Interne - Méfiant • Attiré par des entreprise prestigieuses • Recherche des postes prestigieux et à visibilité • Se comporte en chasseur • Développe son ambition et sa carrière	***Externe - Méfiant*** • Attiré par des missions sociales • Recherche des disciples • Se considère comme une victime • Epouse une cause pour se protéger

Le tableau en Tableau 21 résume les principales conclusions d'une étude réalisée sur ce modèle des deux traits de la personnalité.

Tableau 21.Typologie de comportements et catégories d'emploi

	Difficultés rencontrées au travail	***Réactions typiques***	***Emploi le mieux adapté***
Interne – Confiant	Se sent sous- utilisé s'il ne fait qu'une tâche qu'il maîtrise déjà	S'associe avec d'autres pour relever des défis et réaliser des projets très variés. Quitte son emploi en restant en bons termes avec son employeur	Beaucoup de défis Collaboration avec d'autres Critères de succès explicites pour apprendre de ses erreurs
Interne – Méfiant	Se sent sous- estimé	Cherche à faire des coups de maître pour prouver sa valeur Absentéisme Départ en mauvais terme	Tâches variées Séduction des autres Critères de succès ambigus
Externe – Confiant	Se sent délaissé par son supérieur	Trouve une personnalité puissante pour diriger Bricole en attendant que l'on s'occupe de lui	Emploi supervisé de manière directive
Externe – Méfiant	Se sent exploité	Se plaint et endure Cherche un emploi sans risque pour lui	Tâches sécurisantes Critères impersonnels et objectifs ne le soumettant pas au jugement des autres

2.3 Les types de personnalité

Typologie psychologique de C.G. Jung

Ayant constaté, au cours de ses analyses, la récurrence de certains patterns, Jung [Jung, 58] eut l'idée d'élaborer une théorie des types psychologiques. Un type psychologique se compose d'une attitude type et de fonctions psychologiques.

Attitude type : extraversion ou introversion. L'attitude type est déterminée par une disposition innée et elle peut être renforcée ou contrariée par des facteurs environnementaux (famille, culture, etc.). Deux types d'attitude ont été définis par Jung : l'extraversion et l'introversion.

- L'extraversion désigne l'orientation de l'intérêt de la personne vers la « réalité extérieure » : les gens, les choses, les relations, les évènements, les normes, etc. L'extraversion provient d'un besoin vital de s'adapter aux conditions de l'environnement.
- L'introversion représente l'intérêt de la personne vers la « réalité intérieure » : les idées, les pensées, les images, les fantasmes, les suppositions de base, etc. Opposée à l'extraversion, cette attitude provient d'un besoin vital de satisfaire les exigences de l'individuation.

La plupart du temps il y a unilatéralité, c'est-à-dire que chaque personne a une disposition plus marquée pour l'une ou l'autre de ces deux attitudes. Cependant, pour éviter le déséquilibre psychologique, il appartient à l'inconscient de compenser cette unilatéralité. Pour bien comprendre les différences entre les types de personnalité Jung a introduit quatre fonctions psychologiques permettant à chacun de s'adapter à son milieu et de développer sa personnalité :

- la sensation recueille les données internes et externes par les récepteurs sensoriels,
- la pensée organise ces données et leur trouve un sens,
- le sentiment en établit la valeur,
- et l'intuition détermine les possibilités que cela représente.

La combinaison des attitudes type et des fonctions permet de décrire le type psychologique. Chaque attitude et chaque fonction occupe une place particulière selon la personnalité (Tableau 22) [Morin, 96]. Le type psychologique se compose de préférences conscientes (fonctions dominante et auxiliaire) et de tendances plutôt inconscientes (fonctions inférieure et tertiaire). Le type psychologique n'est donc pas un stéréotype que l'on attribut à quelqu'un, il s'agit d'une véritable hypothèse quant à la structure et à la dynamique de sa personnalité. Cette théorie est particulièrement utile pour comprendre les différences individuelles.

Tableau 22. Forces de la fonction dominante et faiblesses de la fonction inférieure

Caractéristiques de la fonction dominante	***Forces de la fonction dominante***	***Conséquence possible de la fonction inférieure***
Sensation • Se référer à l'expérience concrète pour accomplir des choses concrètes.	**Sensation** • Reconnaître les faits pertinents, • Utiliser l'expérience pour résoudre les problèmes, • Repérer ce qui mérite attention, • Traiter les problèmes avec réalisme.	**Intuition** • Voir le futur négativement, • Etre pessimiste sans raison, • Manquer de confiance, • Rester bloqué dans une situation difficile.
Intuition • Apprendre de nouvelles compétences pour innover.	**Intuition** • Imaginer des possibilités nouvelles, • Faire preuve d'ingéniosité pour résoudre les problèmes, • Voir comment se préparer au futur, • Etre à l'affût des nouveautés, • Aborder les problèmes avec enthousiasme.	**Sensation** • Etre obsédé par des détails mineurs, des faits sans importance, • Utiliser abusivement ses sens, • Avoir une perception erronée, • Avoir l'humeur dépressive.
Pensée • Privilégier la logique, l'analyse, loi et la justice.	**Pensée** • Etre bon analyste, • Prévoir les embûches, • S'en tenir aux règles, • Peser la loi et les faits, • Ne pas se laisser influencer.	**Sentiment** • Manifester des décharges émotionnelles incontrôlées, • Eprouver des sentiments de façon inattendue, • Etre hypersensible, • Porter des jugements catégoriques, • Démontrer du fanatisme.
Sentiment • Accorder une priorité aux valeurs, • Tenir compte des émotions, • Privilégier les relations humaines.	**Sentiment** • Bien comprendre les gens, • Deviner ce que ressentent les autres, • Trouver les circonstances atténuantes, • Avoir conscience des valeurs, • Apprécier la contribution de chacun.	**Pensée** • Etre hypercritique, • Rechercher sans cesse ce qui ne va pas, • Vouloir avoir raison à tout prix, • Etre autoritaire, • Ne pas écouter les autres, • Avoir des difficultés à se faire comprendre, • Rechercher la vérité absolue.

Indicateur de types Myers-Briggs

Cet indicateur a été construit à partir des théories de C.G. Jung par I. Myers et K. Briggs [Myers et Briggs, 89] et est l'un des inventaires les plus utilisé en Amérique du Nord. Il emploie quatre éléments : une attitude (introvertie/extravertie), une fonction rationnelle (pensée/sentiment), une fonction irrationnelle (sensation/intuition), et un style de vie. Le concept de style de vie reflète la dominance de l'un des deux axes, rationnel (jugement) ou irrationnel (perception). Une synthèse des caractéristiques personnelles des attitudes et des fonctions est faite dans le Tableau 23 [Morin, 96].

Tableau 23. Synthèse des caractéristiques personnelles

Type	***Caractéristiques personnelles***	***Comment respecter les personnes***
Extraverti **E**	• Orientée vers l'extérieure, • Intérêt pour les personnes et les choses, • Attirée par les interactions, • Agit, pense, agit.	• Pour savoir ce qu'il pense, il faut simplement l'écouter, • Accepter qu'il incluse d'autres personnes dans sa démarche, • Ne pas être surpris lorsqu'elle agit.
Introverti **I**	• Orientée vers l'intérieur, • Concentre intérêts, idées et pensées, • Apprécie l'intimité, • Pense, agit, pense.	• Pour savoir ce qu'elle pense, il faut le lui demander, lui donner du temps pour réfléchir, lui permettre de répondre par écrit, • Travaille plutôt seule.
Sensitif **S**	• A une prédilection pour les cinq sens, • Apprécie la réalité, l'utilité et le coté pratique, • Tiens compte du passé et du présent, • Valorise les habiletés acquises, • Agit étape par étape.	• Lui présenter tous les faits, • Expliquer en suivant l'ordre des séquences, • Discuter les détails, • Utiliser les procédures normales.
Intuitif **N**	• Possède un sixième sens, du flair, • Imaginatif, • Aime ce qui est nouveau, • Pense au futur, • Valorise les nouvelles habiletés, • Agit en sautant les étapes.	• Lui présenter la situation dans son ensemble, • Mettre l'accent sur les principes, les modèles, • Envisager les possibilités et le futur, • Suggérer des approches créatives.
Pensée **T** (thinking)	• Possède un sens logique, • Est guidée par la raison, • Est ferme et juste, • Valorise les principes et les lois.	• Lui présenter une analyse détaillée des faits, • Expliciter les postulats et les principes, • Mettre l'accent sur la logique, • Discuter de l'équité.
Sentiment **F** (feeling)	• Possède un système de valeurs, • Tient compte de l'invisible, • Portée à l'empathie et la compassion, • Recherche du sens.	• Mettre l'accent sur les valeurs et le sens, • Etre sincère et faire connaître ses propres croyances, • Choisir une approche humaine du problème, • Suggérer un processus démocratique, • Discuter des effets humains.
Jugement **J**	• Apprécie les choses planifiées et réglementées, • Aime contrôler, • Valorise la permanence, • Esprit de décision organisé, • Tendance à réduire l'incertitude.	• Délimiter le problème à résoudre, • Fournir un cadre structuré, • Planifier le travail, • Prévoir des délais raisonnables.
Perception **P**	• Est spontanée, flexible, ouverte, • Laisse couler les choses, • Valorise le provisoire, • Accepte l'incertitude, • Travaille sous la pression des échéances, • Anticipe le changement.	• Donner des échéances, • Clarifier la communication, • Tenir compte de ses perceptions et anticipations, • Ecouter ses propositions.

L'indicateur de Myers-Briggs définit seize types psychologiques, résumés dans la cartographie (Tableau 24) [Keirsey et Bates, 84] et [Kroeger et Thuesen, 88]. Tous les types sont acceptables dans le contexte du travail et constituent des préférences mais ne caractérisent pas des comportements. En effet, le comportement humain est complexe, et l'indicateur ne peut pas donner toute la vérité sur une personne.

Tableau 24. Carte des seize types psychologiques de Myers – Briggs

IStJ Je fais ce qui doit être fait (Tuteur)	**ISfJ** Je possède un sens évolué du devoir (Conservateur)	**INfJ** Je suis une inspiration pour les autres (Auteur)	**INpJ** A mon sens, tout peut être amélioré (Scientifique)
IsTP Je suis prêt à essayer n'importe quoi tout de suite (Artisan)	**IsFP** Je vois beaucoup, mais j'en dis peu (Artiste)	**InFP** J'aime rendre de nobles services pour aider la société (Chercheur)	**InTP** Je possède une passion pour la résolution de problème (Architecte)
EStP J'aime le réalisme absolu (Organisateur)	**ESfP** J'estime que l'on ne vit qu'une seule fois (Amuseur)	**ENfP** Je tire tout ce que je peux de la vie (Journaliste)	**ENtP** Je relève des défis excitants (Inventeur)
EsTJ J'aime administrer (Administrateur)	**EsFJ** J'aime accueillir des gens (Vendeur)	**EnFJ** J'aime persuader en douceur (Pédagogue)	**EnTJ** J'aime diriger (Maréchal)
I = introverti, E = extraverti, S = sensation, N = intuition, T = pensée (thinking), F = sentiment (feeling), J = jugement, P = perception. La lettre en minuscule concerne la fonction auxiliaire.			

Pour faciliter la reconnaissance des seize types, il et possible de transiter par la reconnaissance de quatre tempéraments. Il s'agit de l'ensemble des caractéristiques d'une personne qui déterminent sa façon de se sentir, de penser, d'agir et d'apprendre. Le Tableau 25 présente les quatre styles de tempéraments [Keirsey et Bates, 84] et [Kroeger et Thuesen, 88]. Ces quatre tempéraments sont associés à des regroupements particuliers de fonctions et de styles psychologiques, on les reconnaît facilement à travers les comportements observables. La simplicité de ce modèle permet d'apprendre à reconnaître le tempérament d'une personne avant d'en découvrir le type psychologique.

Tableau 25. Les quatre styles de tempéraments

Tempérament épiméthéen : SJ • Sensitif avec Jugement, • Appartenance et responsabilité, • Organisé et ponctuel, • Mesuré et modéré.	***Tempérament prométhéen : NT*** • Intuitif avec Pensée, • Compétence et sagesse, • Logique, visionnaire, entreprenant et juste, • Bon communicateur, • Ambitieux.
Tempérament dyonisien : SP • Sensitif avec Perception, • Liberté et spontanéité, • Enthousiaste, imprévisible, généreux et sympathique, • Actif et indépendant, • Prend des risques.	***Tempérament apollinien : NF*** • Intuitif avec Sentiment, • Authenticité et reconnaissance, • Engagé, imaginatif, serein et maître de lui, • Catalyseur et facilitateur, • Aime la compagnie.

2.4 Les compétences sociales et le style de leadership

Il nous semble important de compléter cet état de l'art avec les travaux Levenson et Gottman [Levenson et Gottman, 78] et avec ceux de [Vroom et Jago, 78] [Norrgen et Schaller, 99]. L'étude menée par Levenson et Gottman [Levenson et Gottman, 78] a permis d'établir, sur la base de travaux cliniques, ce que sont les compétences sociales (Figure 70).

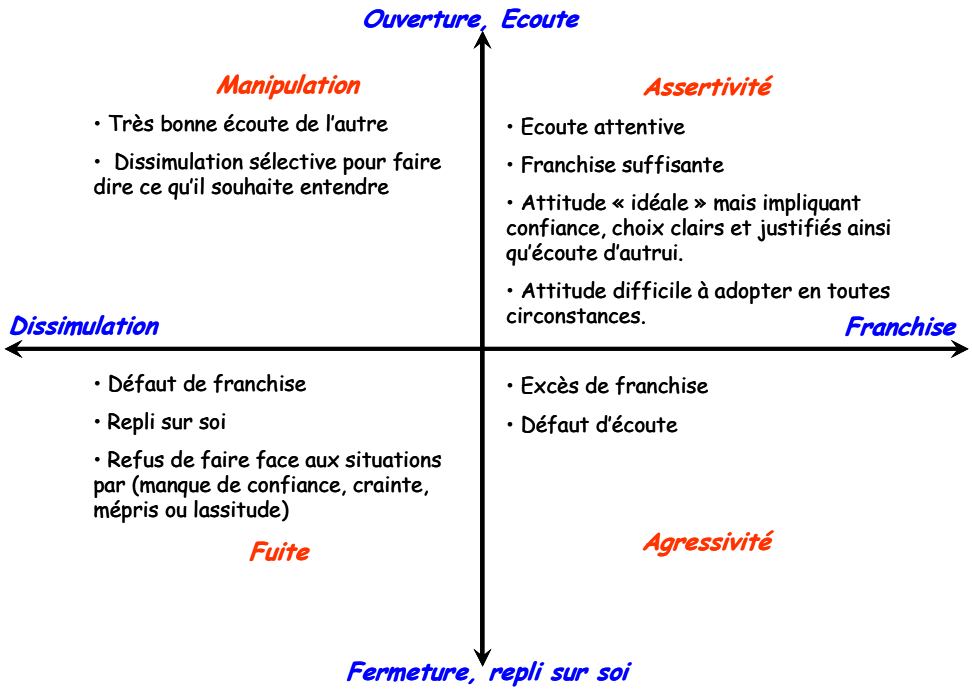


Figure 70. Les compétences sociales [Levenson et Gottman, 78]

Cet élément est à notre sens très important car il décrit le comportement que pourra avoir un individu au sein du groupe de travail auquel il appartient. Il est malgré tout nécessaires de compléter ces compétences sociales avec la notion de leadership car le style de leadership influencera aussi le comportement de l'individu dans le groupe. Différents travaux traitent du style leadership dans les groupes de travail [Vroom et Jago, 78] [Norrgen et Schaller, 99]. Le style de leadership peut être autocratique, consultatif, collectif, participatif, aucune autorité.