



**HAL**  
open science

# Étude des activités collaboratives de conception en tant que situation d'apprentissage: application à l'ingénierie des produits et à l'ingénierie didactique.

Stéphane Brunel

► **To cite this version:**

Stéphane Brunel. Étude des activités collaboratives de conception en tant que situation d'apprentissage: application à l'ingénierie des produits et à l'ingénierie didactique.. Sciences de l'ingénieur [physics]. Université Sciences et Technologies - Bordeaux I, 2008. Français. NNT: . tel-00429635

**HAL Id: tel-00429635**

**<https://theses.hal.science/tel-00429635v1>**

Submitted on 3 Nov 2009

**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 : 3680

# THESE

PRESENTEE A

## L'UNIVERSITE BORDEAUX 1

ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES PHYSIQUES  
ET DE L'INGENIEUR

**Par M. Stéphane BRUNEL**

POUR OBTENIR LE GRADE DE

### DOCTEUR

SPECIALITE : PRODUCTIQUE

\*\*\*\*\*

Étude des activités collaboratives de conception en tant que  
situation d'apprentissage : application à l'ingénierie des  
produits et à l'ingénierie didactique.

\*\*\*\*\*

Soutenu le : le 5 Décembre 2008

Après avis de MM.

**Emmanuel Caillaud** Rapporteur  
Professeur à l'Université Louis Pasteur de Strasbourg

**Michel Aldanondo** Rapporteur  
Professeur à l'école des Mines d'Albi-Carmaux

Devant la commission d'examen formée de :

MM.	<b>Claudia Eckert</b>	Examinatrice
	Senior Research Associate de l'Université de Cambridge	
	<b>Jean Louis Ermine</b>	Examineur
	Professeur à l'institut TELECOM	
	<b>Bruno Vallespir</b>	Examineur
	Professeur à l'Université Bordeaux 1	
	<b>Philippe Girard</b>	Examineur
	Professeur à l'Université Bordeaux 1	
	<b>Marc Zolghadri</b>	Examineur
	Maîtres de Conférences à l'Université Bordeaux 1	



## Résumé en français

Cette thèse aborde la problématique de la génération des connaissances au cours de la phase de conception et plus particulièrement en conception collaborative. Il est proposé d'exploiter les connaissances en conception après une phase de collecte, de capture. Après une phase de capitalisation viendra une étape de réarrangement de ces connaissances. Un processus appelé "Processus d'Ingénition" est montré. Établi sur le principe de description de graphes de connaissances augmentées d'une triple instrumentation, ce processus permet une analyse originale des phases de conception d'un produit. Des applications à l'ingénierie didactique et à l'ingénierie pédagogique ont vu le jour au cours de ce travail. Les domaines de la conception collaborative de produits, de la didactique et de la gestion des connaissances sont mis en regard pour proposer une vision originale du processus de conception collaborative.

## Mots clés

Conception, Génération des connaissances, Ingénition, Ingénierie des produits, Ingénierie didactique.

## Resume

This thesis deals with knowledge generation problems during product design and more particularly in collaborative design. By integration of these fields, collaborative product design, didactic engineering and knowledge management, we propose a generic framework. The main proposition is to capture, capitalize, reorganize and then exploit the knowledge in the field of design product. In the first step we develop a conceptual framework as "process of ingenition". This global process allows defining the macro level positioning. In the second step the graph of knowledge description with a "triple instrumentation" developed. This process leads to have an original analysis of product design. At last we submit an application of proposed process in didactic and teaching engineering.

## Key words

Design, Knowledge generation, Ingenition, Engineering of the products, Didactic Engineering.



## Remerciements

Une thèse est une sorte de rite initiatique. Il faut un impétrant qui se plie volontairement à une discipline exigeante. Il faut des soutiens attentifs, assidus, compréhensifs et suffisamment perspicaces pour tenter le pari de la réussite. Il faut ensuite toute une alchimie complexe basée sur l'amitié, la confiance, la volonté de partager son savoir et une grande dose d'abnégation.

Pour parvenir au but, il faut que des personnes initient le processus de transformation : Bernard Hostein, François Joubert ont été de ceux là. Il faut ensuite que la volonté farouche d'un homme à perpétuer le fonctionnement de ce trop fameux ascenseur social puisse se mettre en place : Philippe Girard est un de ces hommes, attaché à une exigence qui fait que l'on n'oublie jamais ce qu'il fait pour vous. Il va au-delà de ce que vous n'auriez jamais pu imaginer pour vous-même. Et puis, il y a des rencontres qui vous transforment à vie parce qu'elles sont beaucoup plus fortes et denses que tout ce que vous avez jamais connu. Marc Zolghadri est « la » rencontre. C'est la cheville ouvrière de ce travail qui se concrétise aujourd'hui autant pour lui que pour moi. Nous avons œuvré de longues heures devant des tableaux qui se remplissaient d'une écriture étriquée (la mienne) et en volute (la sienne). Avec un enthousiasme toujours renouvelé, les sacrifices consentis m'ont paru moins difficiles. C'est grâce à eux et pour cela que j'ai aujourd'hui le privilège de défendre devant vous, Monsieur Emmanuel Caillaud professeur à l'Université Louis Pasteur de Strasbourg et Monsieur Michel Aldanondo professeur à l'Ecole des Mines d'Albi, cette thèse. Veuillez trouver en ces quelques mots toute ma gratitude.

Le jury de cette thèse s'honore de la présence de Madame Claudia Eckert de l'Université de Cambridge, de Monsieur Jean-Louis Ermine de l'Institut Telecom ainsi que de Monsieur Bruno Vallespir de l'Université Bordeaux 1. Qu'ils trouvent ici toute l'expression de ma reconnaissance pour l'intérêt qu'ils ont toujours porté à mes travaux.

Une thèse est aussi une succession de rencontres qui forgent des convictions, qui vérifient des hypothèses et qui les récuse tout aussi bien. Cette exaltation à construire, à remettre cent fois l'ouvrage sur le métier, ne peut se faire qu'avec le soutien de personnes toutes aussi différentes les unes des autres :

Michel Alexeline aura été le patient développeur de nos idées ; Vincent Robin aura permis l'intégration de nos réflexions dans les recherches antérieures et futures de notre laboratoire ; les doctorants du laboratoire IMS (Aicha, Nabila, Salah, Wael, Guillaume, Julien, Michel, Arz) auront été les spectateurs parfois médusés de joutes verbales avec Mahmoud Moradi. Enfin, Isabelle Grignon et Valérie Abel auront patiemment supporté nos retards et autres tracasseries.

Maintenant que ce travail s'achève, une nouvelle phase de la vie commence. Je sais, Nathalie, que les moments volés ne se retrouvent jamais ...

# Sommaire général

Liste des Figures .....	10
Liste des Tableaux .....	14
Liste des Annexes .....	15
Introduction générale .....	16
<b>Chapitre 1 .....</b>	<b>22</b>
<b>1. Problématique .....</b>	<b>24</b>
1.1 Introduction .....	24
1.2 Contexte.....	25
1.3 Définitions.....	26
1.4 Liens entre un produit et son usage pour l'apprentissage.....	27
1.5 Caractéristiques de l'objet d'étude : le Produit étendu.....	29
1.6 Approche de l'apprentissage de la conception par la didactique.....	30
1.7 Conclusion.....	34
<b>Chapitre 2 .....</b>	<b>37</b>
<b>1. Etat de l'art en conception.....</b>	<b>42</b>
1.1 Panorama des méthodes de conception .....	43
1.1.1 Modèles prescriptifs de la conception.....	44
1.1.2 Modèles descriptifs de l'activité de conception.....	45
1.2 Des différentes formes de conception vers la conception collaborative.....	46
1.2.1 Modèle de la conception : l'approche « Design Co-ordination ».....	46
1.2.2 Modèles de la conception : conception et organisation.....	47

1.2.3	Modèles de la conception : coordination et coopération.....	47
1.2.4	Modèles de la conception : conception et innovation .....	48
1.2.5	Modèle de la conception : la conception collaborative.....	49
1.2.5.1	La conception participative en ingénierie concourante.....	49
1.2.5.2	La conception participative par moments.....	50
1.3	Conclusion partielle .....	52
<b>2.</b>	<b>Etat de l'art de la connaissance en conception.....</b>	<b>52</b>
2.1	Les connaissances transformées par la conception.....	52
2.1.1	Connaissances relatives au produit .....	53
2.1.2	Conclusion partielle.....	54
2.2	Connaissances relatives au processus.....	54
2.2.1	Modèles de processus.....	54
2.2.2	Modèles mixtes produit – processus.....	55
2.2.3	Conclusion partielle.....	56
2.3	Compétences individuelles et collectives.....	56
2.4	Capitalisation et gestion des connaissances.....	58
2.4.1	Méthodes issues de l'ingénierie des connaissances.....	59
2.4.1.1	Approche descendante.....	59
2.4.1.2	Approche ascendante.....	61
2.4.1.3	Approche coopérative.....	62
2.5	Conclusion partielle .....	63
<b>3.</b>	<b>Etat de l'art sur la gestion de la connaissance.....</b>	<b>64</b>
3.1	De la gestion des connaissances.....	64
3.1.1	Introduction.....	64
3.1.2	Le contexte de la gestion des connaissances .....	65
3.1.3	Les modèles de la gestion des connaissances et leurs cadres.....	66
3.1.4	De la gestion de la connaissance en général .....	67
3.1.4.1	Définition et objectifs.....	67
3.1.4.2	Capitalisation des connaissances.....	68
3.1.5	De la gestion de la connaissance en particulier.....	69
3.1.6	Chaîne de valeur de la génération de la connaissance (VCKC).....	70
3.1.7	Composants de base de la chaîne de valeur .....	71
3.1.8	Composants de la transformation .....	75
3.1.9	Nature récursive de la Chaîne de Valeur des Connaissances .....	78
3.1.10	Quelques implications .....	79
3.1.10.1	La gestion de la Chaîne de Valeur. ....	79
3.1.10.2	La Chaîne de Valeur et la stratégie. ....	79
3.2	Conclusion partielle .....	80
3.3	Gestion et organisation d'une mémoire organisationnelle .....	81
3.3.1	Mémoire Organisationnelle.....	81

3.3.1.1	Définitions.....	81
3.3.1.2	Gestion d'une mémoire organisationnelle .....	82
3.3.1.3	Construction d'une mémoire organisationnelle.....	85
3.3.2	Conclusion partielle.....	87
<b>4.</b>	<b>Apprentissage des acteurs de la conception .....</b>	<b>88</b>
4.1	Des compétences/capacités aux connaissances des acteurs de la conception.....	88
4.1.1	Introduction.....	88
4.1.2	Plusieurs types de compétences/capacités .....	88
4.1.2.1	Qu'est ce qu'une compétence/capacité ? .....	89
4.1.2.2	La compétence/capacité, un concept dynamique .....	89
4.1.2.3	Aspects contradictoires .....	90
4.1.2.4	Premiers modèles de compétences/capacités .....	90
4.1.3	Les compétences/capacités au regard de la triple instrumentation .....	91
4.1.4	Les ressources à mobiliser.....	92
4.1.5	Les compétences/capacités collectives .....	92
4.1.6	Les situations sociales de la construction des compétences .....	93
4.1.7	Les composantes de la construction des compétences.....	93
4.1.7.1	Approche 1 .....	93
4.1.7.2	Approche 2 .....	94
4.1.7.3	Approche 3 .....	94
4.2	Apprentissage – Acquisition des compétences / capacités.....	95
4.2.1	Les théories contemporaines sur l'apprentissage .....	95
4.2.2	Des approches et théories diverses et variées .....	96
4.2.3	Apprentissage et sujet .....	96
4.2.4	Un nouveau modèle d'apprentissage : le modèle allostérique .....	97
4.2.4.1	Fonctionnement du modèle .....	97
4.2.5	Un environnement didactique adéquat est nécessaire .....	98
4.2.6	Conclusion partielle .....	99
4.2.7	Le modèle de Giordan .....	99
4.2.7.1	Méthodologie .....	100
4.2.8	Le triptyque « Elaboration Intentionnalité Métacognition » .....	100
<b>5.</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>101</b>
<b>Chapitre 3 .....</b>	<b>103</b>	
<b>1.</b>	<b>Introduction. ....</b>	<b>105</b>
<b>2.</b>	<b>Postulats, définitions associées et propositions.....</b>	<b>105</b>
2.1	Postulats. ....	105
2.2	Définitions associées. ....	107
2.3	Propositions. ....	108

<b>3.</b>	<b>Le processus d'ingénierie</b> .....	<b>111</b>
3.1	Etape 1 : Captation et Collecte des compétences. ....	112
3.1.1	Les règles de construction des graphes. ....	115
3.2	Etape 2 : Capitalisation et compréhension des graphes. ....	117
3.2.1	Grille GMPI du macro modèle. ....	117
3.3	Etape 3 : Transmission par les graphes de connaissances augmentés.....	122
3.4	Capitalisation appliquée au modèle de la valeur ajoutée.....	127
<b>4.</b>	<b>Les outils associés</b> .....	<b>131</b>
4.1	La matrice LRI .....	131
4.1.1	Elaboration de la Matrice LRI .....	132
4.1.2	Méthode de calcul de l'indice LRI .....	134
4.1.3	Exemple d'analyse .....	113
4.2	Interface opérationnelle IP K5. ....	139
4.2.1	Fonctionnement de l'interface. ....	139
4.2.1.1	Gestion du projet .....	140
4.2.1.2	Création des graphes .....	141
4.2.1.3	Administration des graphes .....	144
4.2.1.4	Exemple partiel d'un graphe augmenté issu de l'interface .....	146
<b>5.</b>	<b>Conclusion</b> .....	<b>147</b>
<b>Chapitre 4</b> .....		<b>149</b>
<b>1.</b>	<b>Cas 1</b> .....	<b>151</b>
1.1	Présentation du cas 1 : Conception d'un système de freinage de vélo. ....	151
1.2	Le contexte de la conception. ....	152
1.3	Collecte et extraction des connaissances. ....	152
1.4	Résultats obtenus .....	158
<b>2.</b>	<b>Cas 2</b> .....	<b>160</b>
2.1	Présentation du cas 2 : L'addition en Cours Préparatoire. ....	160
2.2	Résultats obtenus .....	162
<b>3.</b>	<b>Cas 3</b> .....	<b>162</b>
3.1	Présentation du cas 3 : Gestion d'informations dans un laboratoire.....	162
3.2	Description du cas : gestion de séminaires mensuels .....	162
3.2.1	Gestion des séminaires mensuels .....	164
3.2.2	Gestions du matériel attribué aux doctorants.....	164
3.2.3	Résultats obtenus.....	165

<b>Conclusion et perspectives .....</b>	<b>167</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>172</b>
<b>Annexe 1 .....</b>	<b>207</b>
<b>Annexe 2 .....</b>	<b>214</b>
<b>Annexe 3 .....</b>	<b>219</b>
<b>Annexe 4 .....</b>	<b>232</b>

# Liste des figures

Figures de l'introduction (notées Figure x.i)

1. Figure 1.i : Concevoir pour apprendre à mieux concevoir
2. Figure 2.i : Espace A, intersection des théories, champ de recherche.

Figures du Chapitre 1 (notées Figure x.C1)

3. Figure 3.C1 : Observations initiales
4. Figure 4.C1 : Génération des connaissances à partir du modèle de « produit étendu » augmenté de la capacité à transmettre.
5. Figure 5.C1 : Apprendre à concevoir : un double flux issu de la conception de produit et de l'apprentissage de la conception.
6. Figure 6.C1 : Environnement didactique en conception collaborative.
7. Figure 7.C1 : Apprendre en conception
8. Figure 8.C1 : Triptyque de l'étude

Figures du Chapitre 2 (notées Figure x.C2)

9. Figure 9.C2 : Les phases du processus de conception et innovation
10. Figure 10.C2 : Principes de la conception par moments
11. Figure 11.C2 : Moments de conception
12. Figure 12.C2 : Cas d'un artefact complexe
13. Figure 13.C2 : Génération d'une primitive
14. Figure 14.C2 : Problématique de capitalisation des connaissances
15. Figure 15.C2 : Macroscopie de la connaissance
16. Figure 16.C2 : Chaîne de valeur de la génération des connaissances
17. Figure 17.C2 : Gestion de la Chaîne de Valeur des connaissances
18. Figure 18.C2 : La Chaîne de Valeur des Connaissances et les stratégies.
19. Figure 19.C2 : La compétence par Gillet
20. Figure 20.C2 : la Compétence/capacité selon Le Boterf
21. Figure 21.C2 : Graphe des compétences/capacités
22. Figure 22.C2 : Les 3 niveaux d'acquisition de compétences/capacités.

23. Figure 23.C2 : Positionnement du modèle de Giordan.

24. Figure 24.C2 : Modèle allostérique de Giordan

### Figures du Chapitre 3 (notées Figure x.C3)

25. Figure 25.C3 : Principe Général

26. Figure 26.C3 : Graphe de connaissances issues de la collecte d'informations.

27. Figure 27.C3 : Exemple de graphe de connaissances expertisées CΔPivot

28. Figure 28.C3 : Graphe de connaissances expertes contextualisées.

29. Figure 29.C3 : Grille du GMPI, Macro modèle du Processus d'Ingénition.

30. Figure 30.C3 : Echelle de l'environnement social et culturel du macro modèle du processus d'ingénition.

31. Figure 31.C3 : Périmètre de la génération des KΔ et des CΔ

32. Figure 32.C3 : Alternative de graphes de connaissances

33. Figure 33.C3 : Application de la Triple instrumentation dans la décomposition des KΔ.

34. Figure 34.C3 : KΔ

35. Figure 35.C3 : IS esc

36. Figure 36.C3 : I 2S

37. Figure 37.C3 : I Obj

38. Figure 38.C3 : Connaissances KΔ et ses trois dimensions

39. Figure 39.C3 : Génération des connaissances tout au long du cycle de vie du produit

40. Figure 40.C3 : Echelle comparative des ressources humaines, des outils et des connaissances.

41. Figure 41.C3 : Modèle général du processus d'ingénition

42. Figure 42.C3 : Echelle Clients

43. Figure 43.C3 : Matrice LRI

44. Figure 44.C3 : Comparaison des Matrices LRI des alternatives de conception.

45. Figure 45.C3 : Vue de la partie résultat de l'outil de mesure permettant la comparaison des solutions alternatives.

46. Figure 46.C3 : Vue 1 de l'outil de mesure

47. Figure 47.C3 : Vue 2 de l'outil de mesure

48. Figure 48.C3 : Interface IP K5

49. Figure 49.C3 : Ecran d'Accueil

50. Figure 50.C3 : Ecran gestion des projets

51. Figure 51.C3 : Ecran Liaison pivot

- 52. Figure 52.C3 : Ecran Ajout brique
- 53. Figure 53.C3 : Construction fine de la brique
- 54. Figure 54.C3 : Ajout d'attributs complémentaires
- 55. Figure 55.C3 : Ensemble des écrans Administration du système
- 56. Figure 56.C3 : Exemple partiel de description des KΔ pour un problème mécanique

#### Figures du Chapitre 4 (notées Figure x.C4)

- 57. Figure 57.C4 : FAST partiel d'un système de freinage de vélo
- 58. Figure 58.C4 : Connaissances pré-requises sollicitées
- 59. Figure 59.C4 : Conception d'une Liaison Pivot
- 60. Figure 60.C4 : Alternatives de conception
- 61. Figure 61.C4 : Détail de la décomposition des connaissances en fonction des solutions
- 62. Figure 62.C4 : Troisième alternative
- 63. Figure 63.C4 : Détail de la troisième solution
- 64. Figure 64.C4 : Graphe secondaire des connaissances K111
- 65. Figure 65.C4 : L'addition en CP
- 66. Figure 66.C4 : Gestion d'un séminaire
- 67. Figure 67.C4 : Gestion de matériel
- 68. Figure 68.C4 : Interrelation entre deux décompositions

#### Figures de l'Annexe 2 (notées Figure x.A2)

- 69. Figure 1.A2 : Outil écran 1
- 70. Figure 2.A2 : Outil écran 2
- 71. Figure 3.A2 : Outil écran 3
- 72. Figure 4.A2 : Outil écran 4

#### Figures de l'Annexe 3 (notées Figure x.A3)

- 73. Figure 1.A3 : Architecture interne de l'interface.
- 74. Figure 2.A3 : Liste des fichiers constituant la structure de l'application.
- 75. Figure 3.A3 : Ecran d'Accueil
- 76. Figure 4.A3 : Ecran gestion des projets
- 77. Figure 5.A3 : Ecran Ajout de projet
- 78. Figure 6.A3 : Ecran Démonstration IP K5

79. Figure 7.A3 : Ecran Liaison pivot

80. Figure 8.A3 : Ecran Ajout brique

81. Figure 9.A3 : Construction fine de la brique

82. Figure 10.A3 : Ajout d'attributs complémentaires

83. Figure 11.A3 : Ensemble des écrans Administration du système

# Liste des tableaux

Tableaux du Chapitre 3 (notées Tableau x.C3)

1. Tableau 1.C3 : Critères d'évaluation de la matrice LRI

Tableaux du Chapitre 4 (notées Tableau x.C4)

2. Tableau 2.C4 : Connaissances extraites
3. Tableau 3.C4 : Connaissances extraites

Tableaux de l'Annexe A1 (notée Tableau x.A1)

4. Tableau 4.A1 : Critères généraux
5. Tableau 5.A1 : Critères économiques
6. Tableau 6.A1 : Critères sociaux internes et externes.
7. Tableau 7.A1 : Critères de l'environnement de communication.
8. Tableau 8.A1 : Critères de l'environnement législatif
9. Tableau 9.A1 : Critères écologiques
10. Tableau 10.A1 : Critères de la culture scientifique et technique
11. Tableau 11.A1 : Critères des partenaires possibles

# Liste des annexes

1. Annexe 1 : Les différents critères de l'environnement social et culturel
2. Annexe 2 : les écrans de l'outil « Matrice LRI »
3. Annexe 3 : Les écrans de l'interface opérationnelle IP K5
4. Annexe 4 : Les différentes théories de l'apprentissage

## Introduction générale

Le but de toute entreprise est de prospérer dans le temps d'une façon pérenne et durable. Pour ce faire, elle cherche à concevoir des produits, principalement fonctionnels ou principalement innovateurs au sens de Fisher [Fisher, 97]. La conception de produits toujours plus performants reste viable pour les entreprises si elles sont capables d'établir et de maintenir leur position dans un marché concurrentiel mondialisé. Les avantages concurrentiels durables sont liés à l'aptitude de ces organisations à mettre en œuvre des actions telles que : tirer profit des technologies avancées pour mettre sur le marché des produits innovants, organiser et piloter des systèmes de productions capables de délivrer ces produits, utiliser au mieux les connaissances internes sous réserve de disposer des compétences, des moyens humains et des moyens techniques nécessaires et posséder des capacités de financement. Tous les secteurs de l'industrie (production de biens et de services), le secteur public et les administrations sont soumises aux mêmes exigences de performance. Les performances de qualité, de productivité et de délai, la personnalisation toujours accrue des produits et services sont définitivement des exigences établies.

La conception de produits est souvent mise en avant comme facteur principal de différenciation compétitive par les entreprises. En pratique, l'innovation technologique est de la même manière mise en pointe, or, nous savons qu'aujourd'hui elle ne peut seule garantir cette différenciation indispensable et le positionnement concurrentiel tant recherché. De nombreux auteurs [Grant, 96], [Hedlund, 93], [Prahalad, 90], [Prusak, 96], [Roth, 96], [Spender, 96,96b], [Winter, 87], montrent que la différenciation qui permet un positionnement concurrentiel entre les entreprises est liée aux connaissances qu'elles seront capables de générer, de capitaliser et de réutiliser. Ceci passe par la mise en œuvre d'une stratégie visible et cohérente décidée par les dirigeants/décideurs, portant non seulement sur une politique à moyen, voir long terme, d'innovations technologiques mais également de gestion de la connaissance. "Une entreprise peut surpasser ses rivales seulement si elle peut établir une différence qu'elle peut préserver", écrit Porter [Porter, 96]. L'usage de la connaissance comme un facteur stratégique de différenciation défendue dans ce manuscrit se voit d'autant plus confortée que les innovations technologiques sont difficiles à industrialiser, à protéger efficacement de la concurrence [Porter, 96] et qu'elles sont difficilement rentables.

Nous sommes entrés dans la « société de la connaissance » ou « société du savoir ». Cette connaissance dont nous parlons et qui est au centre de nouvelles préoccupations devient la matière première du processus de développement socio-économique. Le développement d'un produit est porteur de connaissance de par la définition de ses fonctions, de sa forme, de sa structure, ... De la connaissance émerge de par les processus mentaux, organisationnels et décisionnels qu'elle a initiés tout au long de son cycle de vie. Concevoir des produits aujourd'hui fait appel à l'exploration de nouveaux territoires. La place de l'acteur, la gestion de la connaissance ainsi que des éléments de cognitique sont plus particulièrement mis en avant.

Par conséquent, la conception de produits ne peut pas être une activité orientée uniquement vers une réponse technologique aux besoins exprimés par les clients. Les entreprises doivent d'une part considérer la connaissance produite tout au long du cycle de vie du produit en cherchant à la capitaliser pour mieux la réutiliser mais surtout en identifiant les processus qui facilitent leur émergence pour développer leur patrimoine de connaissance. D'autre part, chaque projet est source d'apprentissage pour les acteurs du processus de conception. Ainsi la compréhension des processus qui permettent de passer de l'identification des connaissances utilisées en conception à l'intelligibilité de leur utilisation pour construire un raisonnement de conception devrait aider à l'amélioration de la performance de l'entreprise (Figure 1.i).

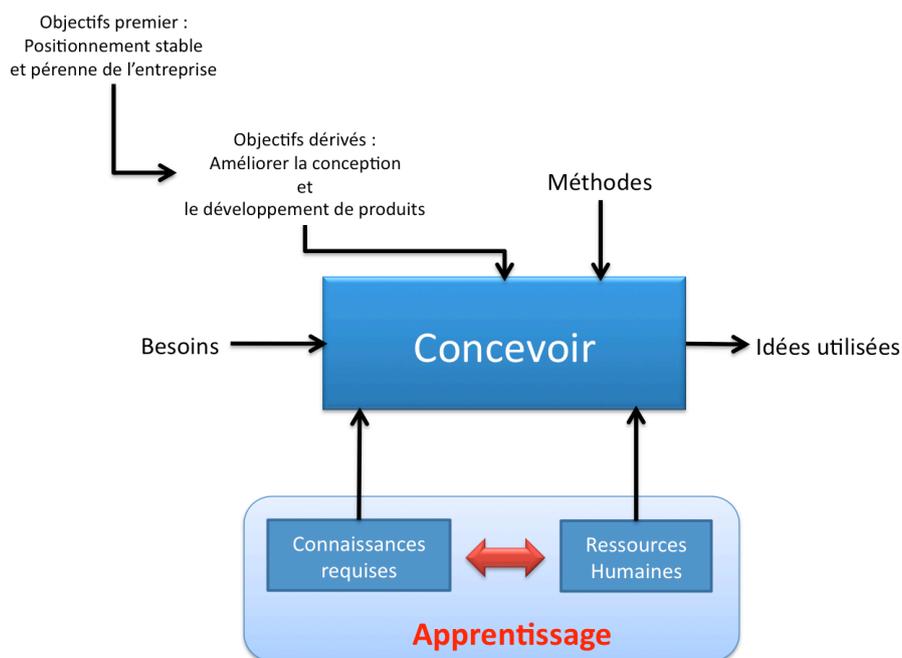


Figure 1.i : Concevoir pour apprendre à mieux concevoir

En portant notre réflexion sur la compréhension de la génération de la connaissance lors des processus de conception, nous pouvons produire des apprentissages utiles aux acteurs de la conception pour les projets futurs de l'entreprise et ainsi améliorer sa performance externe. Comme une boucle vertueuse, les connaissances d'un projet actuel contribuent à l'apprentissage des acteurs et sera réutilisée pour améliorer les réponses apportées aux besoins futurs des clients.

Notre champ d'investigation se trouve à l'intersection de trois domaines différents (Figure 2.i):

1. les théories de la conception,
2. les théories de l'apprentissage,
3. les théories de la connaissance.

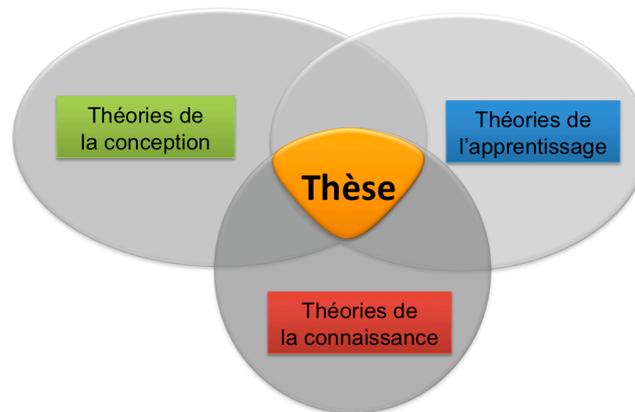


Figure 2.i : Espace A, intersection des théories, champ de recherche.

L'idée première dans le développement des théories diverses concernant la connaissance est avant tout de « connaître », de « faire connaître », de « partager » et « capitaliser » les éléments issus de l'expérience accumulée par l'entreprise et ses acteurs. Les théories, méthodes et outils liés à cette idée viennent se confronter aux éléments des théories de l'apprentissage. C'est bien ici l'intersection entre les deux domaines « Théories de la connaissance » et « Théories de l'apprentissage ». Toutefois, la toute première question à laquelle on se doit de répondre lors des actions de « Faire connaître » se résume en « Pourquoi ? ». Autrement dit quel est l'objectif premier de la confrontation des théories de la connaissance et des théories de l'apprentissage. Dans cette thèse, cet objectif est abordé par la « Conception » : répondre mieux aux besoins des clients tout en améliorant les performances internes de l'entreprise (Figure 1.i). Ceci couvre alors l'intersection des trois domaines de la Figure 2.i.

Les apprentissages liés à chaque phase de mise au point, de réalisation, d'élaboration du produit sont autant de connaissances susceptibles de faire la différence face à la concurrence. Ce qui peut être sauvegardé au sein de l'entreprise, c'est : la « connaissance endogène » utilisable par les différents acteurs des services. Ils pourront, de ce fait, plus facilement s'adapter aux besoins spécifiques en accord avec la stratégie initiale de l'entreprise.

Confronter les théories de la conception avec les théories de la connaissance pour en faire émerger les processus cognitifs indispensables à la résolution des problèmes soumis aux acteurs de la conception est un enjeu majeur. De plus, la confrontation systématique de cette génération des connaissances avec les théories de l'apprentissage va permettre une amélioration des processus cognitifs émergents ou en émergence. Enfin, l'intérêt d'une mise en regard des théories de l'apprentissage et des théories de la conception est multiple. En effet, il apparaît de façon claire, que concevoir donne une série d'indications sur le comment et le pourquoi de l'acte même. Il est intéressant de le passer au filtre des théories de l'apprentissage pour en discuter les pertinences, les égarements et les relations causales. Les mises en regard successives des théories entre elles montrent un champ de recherche riche et prometteur.

Dans le but d'éclaircir nos intuitions de départ, ce manuscrit est structuré de la façon suivante.

Le chapitre 1 présente le contexte dans lequel se déroulent la génération et la gestion des connaissances dans la phase de conception collaborative en montrant quelles sont les interactions entre les différents domaines scientifiques (théorie de la connaissance, théorie de la conception, théorie de l'apprentissage). Nous définissons la problématique de la génération et de la gestion des connaissances en conception. L'approche employée consiste à étudier les différents modèles de conception collaborative ainsi que les différents modèles de la génération des connaissances et de leur gestion. Nous commençons par une définition de ce qu'est un produit en poursuivant par l'étude des processus de conception collaborative et les activités induites. Nous nous attachons ensuite à étudier les modèles existants concernant la génération et la gestion des connaissances. Ensuite nous montrons la nécessité d'intégrer des concepts issus de l'ingénierie didactique dans notre proposition. Enfin, nous concluons ce chapitre par la proposition d'un modèle de description des connaissances générées lors de la conception de produits.

Le chapitre 2 permet d'identifier au travers d'un état de l'art, la plupart des modèles concernant les champs d'étude ouverts par la définition de la problématique (au Chapitre 1). Nous montrons comment trois domaines a priori distincts telles que les théories de la conception, les théories de la gestion de la connaissance et les théories de l'apprentissage, peuvent converger de façon intéressante faisant naître un modèle permettant de mettre en évidence les relations entre acteurs au sein des différents services. Nous proposons une description systématique des différents champs pour en faire la base de la construction du modèle. L'analyse des interactions entre ces différents champs de recherche montre que dans le cadre de l'activité de conception collaborative, il est possible d'identifier, d'analyser et de structurer déterminer tout le cycle de génération de connaissances. Ainsi, dans cette partie, nous faisons émerger l'ensemble des caractéristiques théoriques qui fondent la création du futur modèle. On mettra en évidence les différents points issus de la littérature concernant les trois domaines pré cités pour étudier les activités collaboratives de conception en tant que situation d'apprentissage en montrant de possibles applications à l'ingénierie des produits et à l'ingénierie didactique.

Le chapitre 3 porte sur la définition d'une méthodologie et la construction d'un modèle appelé « processus d'ingénition ». Cette méthodologie s'appuie sur un modèle intégré au processus de conception permettant la description précise des phases de création/génération de connaissances.

Dans un premier temps, nous définissons le macro-modèle par une description macroscopique de son fonctionnement. Nous proposons une description de l'environnement du futur produit, suivie d'une description de la typologie du produit à concevoir par rapport à ses clients potentiels (clients directs et indirects). Puis, nous poursuivons par une identification de la structure de l'entreprise dans une perspective « entreprise apprenante » et enfin nous terminons par une description du cycle de vie du produit par l'identification des services internes de l'entreprise.

Dans un deuxième temps, nous montrons le développement des micros modèles intégrés au cycle de vie du produit qui sont la base de la description « fine » des connaissances générées au cours de la conception du produit. Nous montrons aussi que ces micros modèles peuvent non seulement servir lors des phases de conception – problématique principale de notre recherche – mais qu'ils peuvent aussi s'appliquer à tous les services de l'entreprise. Un des micros modèles est plus particulièrement montré. Il s'appuie sur une approche appelée « triple

instrumentation » ouvrant des perspectives intéressantes dans la description des connaissances au sein des processus internes de l'entreprise. Enfin nous proposons des outils d'aide à la mesure des performances du système de conception en tant que générateur de connaissances.

Le chapitre 4 présente des cas d'application. Ce sont des problèmes à résoudre différents les uns des autres. Un cas de gestion des connaissances lors de la conception d'une liaison pivot et un cas de génération de connaissances lors de la conception de séquence d'apprentissage, un cas de gestion des connaissances dans un laboratoire. Un prototype informatique que nous avons développé sur la base de nos propositions, permet de montrer l'opérationnalisation concrète de l'identification, de la traçabilité et du partage des connaissances générées lors des phases de conception collaborative. L'application permet de tracer, au sens de garder la trace, donc garder la mémoire de toutes les connaissances indispensables à mettre en œuvre lors de la conception du produit pour répondre le plus fidèlement possible aux besoins des futurs clients directs et indirects. Garder la mémoire des conceptions anciennes permet de ne pas refaire de la conception existante et de se concentrer sur les innovations possibles.

Enfin le dernier chapitre de ce mémoire synthétise notre contribution à la problématique de l'étude des activités collaboratives de conception en tant que situation d'apprentissage par des applications possibles à l'ingénierie des produits et à l'ingénierie didactique. Nous reprenons la chronologie de nos travaux en identifiant leurs limites actuelles : le prolongement de nos propositions à l'ensemble des services d'une entreprise par l'extension des cas d'application, l'affinement des micros modèles par l'enrichissement des cas d'application, la mise en œuvre d'une plateforme informatique, ouverte et collaborative, basée sur le « macro et les micros modèles » développés dans ce travail de recherche. Nous proposons aussi de multiples perspectives permettant à terme de déployer et affiner le modèle proposé dans plusieurs domaines différents.



# **Chapitre 1**

## **Problématique**

# Sommaire détaillé

1. Problématique.....	24
1.1 Introduction .....	24
1.2 Contexte .....	25
1.3 Définitions .....	26
1.4 Liens entre un produit et son usage pour l'apprentissage.....	27
1.5 Caractéristiques de l'objet d'étude : le Produit étendu.....	29
1.6 Approche de l'apprentissage de la conception par la didactique.....	30
1.7 Conclusion .....	34

# 1. Problématique

## 1.1 Introduction

### *Problématique en résumé.*

Au cours de la phase de conception de produit, des connaissances sont générées. Elles sont issues des différents concepteurs, experts ou novices. Ces connaissances, issues d'erreurs rectifiées, d'interrogations et de retours d'expériences doivent aider à l'amélioration des conceptions futures. Il est donc important de capitaliser les connaissances ainsi générées pour les analyser, les structurer, les stocker et ensuite les partager. Cette génération de connaissances intégrée dans un processus d'apprentissage ayant le produit (physique ou son modèle) comme support principal permettra l'amélioration attendue. Identifier les connaissances pour apprendre et donc, mieux concevoir, et mieux connaître, est donc la question majeure autour de laquelle ce document est construit.

La problématique scientifique de ce mémoire est centrée sur l'étude des activités collaboratives de conception en tant que situation d'apprentissage. Cela passe par une modélisation de la génération de connaissances en vue de son application à l'ingénierie des produits et à l'ingénierie didactique.

Discipline transversale, la conception emprunte des modèles à la recherche opérationnelle, à des langages formels et aux systèmes d'information. Au-delà de ces aspects pluridisciplinaires relevant des seules sciences de l'ingénieur, il paraît évident que les aspects économiques, sociotechniques, ergonomiques des organisations productives de savoir, sont très importants. C'est ainsi que l'on voit se développer de nouvelles approches de plus en plus globalisantes et intégratives de ces notions là. La plus grande prise en compte des facteurs humains dans les différents processus de génération de connaissances, de leur stockage, de leur partage, ainsi que de leur réutilisation dans un processus de conception collaborative, tend à déplacer le centre de gravité de ces nouvelles méthodes de la conception routinière à la conception collaborative par un rapprochement notamment avec les sciences cognitives. De nouvelles compétences doivent être acquises sans remettre en cause les fondamentaux de la conception de produits.

Ainsi, dans un contexte commun à l'ensemble des laboratoires de recherche, la complexité, les interrelations, les interactions des divers domaines de recherche les uns avec les autres sont au cœur de la proposition déclinée tout au long de ce mémoire. Empruntant parfois à la systémique, les ressorts de la résolution, il est apparu important de dégager les grands axes de ces propositions en plusieurs modèles déclinés sous forme de macro et micro modèles.

## 1.2 Contexte

La conception de produits toujours plus performants n'a de sens que si les entreprises sont capables d'établir et de maintenir leur position dans un marché concurrentiel mondialisé. Les avantages concurrentiels durables sont liés à l'aptitude de ces organisations à, d'une part, tirer profit des technologies avancées pour mettre sur le marché des produits innovants, d'autre part, organiser et piloter des systèmes de production capables de délivrer ces produits. La maîtrise de la qualité, des coûts de développement et de fabrication sont autant de données et de savoir-faire particuliers qui auront vocation à être conservés voire à être préservés, pour servir d'héritage technologique et de mémoire technique. Les connaissances générées, sous réserve de disposer des compétences, des moyens humains et des moyens techniques nécessaires, ainsi que des capacités de financement sont issues d'un univers dans lequel les technologies avancées sont omniprésentes, qu'il s'agisse des technologies utilisées dans les produits ou dans les procédés de fabrication. Tous les secteurs de l'industrie tels la production de services, le secteur public et les administrations sont soumis aux mêmes exigences de performance. La problématique se globalise dans l'ensemble des domaines.

Dans ce contexte, la phase de conception revêt une importance particulière dans la manière dont les connaissances vont émerger. Ceci n'est possible que si les acteurs ont à leur disposition une modélisation de la génération des connaissances dans le système de conception, une démarche opérationnelle et des outils associés contribuant à leur mise en œuvre, à leur génération, à leur stockage, à leur analyse, à leur structuration et enfin à leur partage.

La première partie de ce chapitre décrit les observations à l'origine de la problématique annoncée. Nous montrons les éléments essentiels qui fondent la réflexion et les propositions de cette thèse. Ce chapitre pose également quelques définitions importantes afin de mieux cerner l'objet de l'étude.

Partant de la notion de produit étendu, la deuxième partie de ce chapitre met en avant une vision augmentée de cette notion. La mise en évidence de la vocation d'un produit à générer des connaissances et de sa potentialité à permettre ou à faciliter l'apprentissage et/ou la transmission de ces mêmes connaissances nous a conduit à la proposition des idées fondatrices.

La troisième partie met en évidence l'apport de la dimension didactique dans le processus de génération de connaissances au cours d'une conception collaborative. Ainsi, il est mis en avant l'idée de travailler sur la génération de connaissances non plus comme une simple description de notions mises, bout à bout, les unes derrière les autres mais de montrer comment les connaissances dépendantes créent des réseaux complexes ou des processus mentaux analysés et structurés par une didactique de la conception. Il est envisagé une approche didactique de la génération de connaissances comme une nouvelle approche structurante lors des phases de conception collaborative.

Enfin, la dernière partie du chapitre permet de conclure à la nécessité de disposer d'un modèle de description de la génération de connaissances dans un processus de conception collaborative ainsi que la pertinence de l'étayer par des outils simples et opérationnels.

### 1.3 Définitions

Selon M. Porter dans [Porter, 90], la position d'une entreprise sur le marché est définie par un subtil équilibre entre les 5 forces suivantes :

1. Entrée de nouveaux concurrents,
2. Menace des produits de remplacement,
3. Pouvoir de négociation des acheteurs,
4. Pouvoir de négociation des fournisseurs, et
5. Rivalité parmi les concurrents existants.

Toutefois, cet équilibre peut être modifié par un facteur formulé par «la génération et la gestion de connaissances» au cours de toutes les phases du cycle de vie du produit. Ce facteur peut être utilisé comme un élément de différenciation stratégique des entreprises. La connaissance au sein de l'entreprise possède une nature et une forme variées issues de l'activité même de l'entreprise, de sa structure, de sa culture, de son environnement, et des acteurs qui la composent. En accord avec [Nonaka, 00], la connaissance est prise comme un

processus de création continu dans un système dynamique constitué d'interactions diverses et variées issues des individus et des organisations dans un contexte spécifique.

La spécificité de nos travaux réside dans le fait que le produit est considéré comme un élément indispensable à la génération de connaissances. Il est non seulement le générateur de celles-ci mais également leur support de stockage et de transmission. Ces connaissances, générées, stockées et réutilisées dans l'entreprise, proviennent des activités qui cherchent à répondre au mieux aux besoins des clients. Ces besoins doivent être collectés, compris et traduits en contraintes utilisables par les équipes de conception et de développement de produits.

A ce stade, il convient de poser quelques définitions préliminaires afin de clarifier les développements futurs.

**Définition 1 : Produit.** D'ores et déjà il est impératif de considérer que le produit dont il est question ici n'est pas nécessairement le produit fini utilisé par les utilisateurs finaux. De manière générale, le terme de produit fait référence au produit physique (un véhicule) et à ses modèles (modèle CAO Conception Assistée par Ordinateur par exemple) utilisés tout au long du cycle de vie.

Le modèle géométrique d'un produit peut donc être utilisé par le bureau des méthodes afin de déterminer les processus de fabrication ou, au contraire, il peut être utilisé comme un support de transfert de connaissances des concepteurs expérimentés vers les concepteurs novices.

**Définition 2 : Clients.** Nous distinguons deux catégories de clients. Les clients experts sont les clients prescripteurs du produit (professeurs, concepteurs expérimentés) et les clients novices en faisant référence aux étudiants ou apprentis utilisateurs du produit en tant que transmetteur de connaissances.

#### 1.4 Liens entre un produit et son usage pour l'apprentissage

Les fonctions d'un produit peuvent être décrites de manière hiérarchisée et structurée. Cette décomposition peut être représentée, par exemple, par la méthode FAST (voir la partie supérieure gauche de la Figure 1.C1). Par ailleurs, il convient de faire une décomposition arborescente de ce que l'on appelle la « matrice curriculaire » selon Bloom dans [Bloom, 75]

et Tyler dans [Tyler, 50] (voir la partie supérieure droite de la Figure 1.C1). Nous entendons par matrice curriculaire l'ensemble des connaissances à transmettre par des clients experts aux clients novices. Aussi, d'un côté, on observe une décomposition structuro-fonctionnelle et comportementale d'un objet ou d'une solution technique et de l'autre une décomposition structuro-cognitive. Plusieurs constatations s'imposent alors :

1. La décomposition structuro-fonctionnelle des produits s'appuie sur des méthodes connues et robustes de l'analyse de valeur (exemple : FAST).
2. La décomposition de la matrice curriculaire en objectifs didactiques s'appuie avant tout sur les connaissances expertes et les relations potentielles entre les clients experts et novices.
3. La correspondance entre ces deux arborescences est difficile à établir dans l'absolu et correspond avant tout à une connaissance simultanée du produit et de son usage comme support de transmission de connaissances.

Le principal travail entrepris est d'établir un lien entre ces deux décompositions afin de déterminer une dimension structuro-fonctionnelle efficiente du produit permettant de mieux transmettre les connaissances lors de la conception.

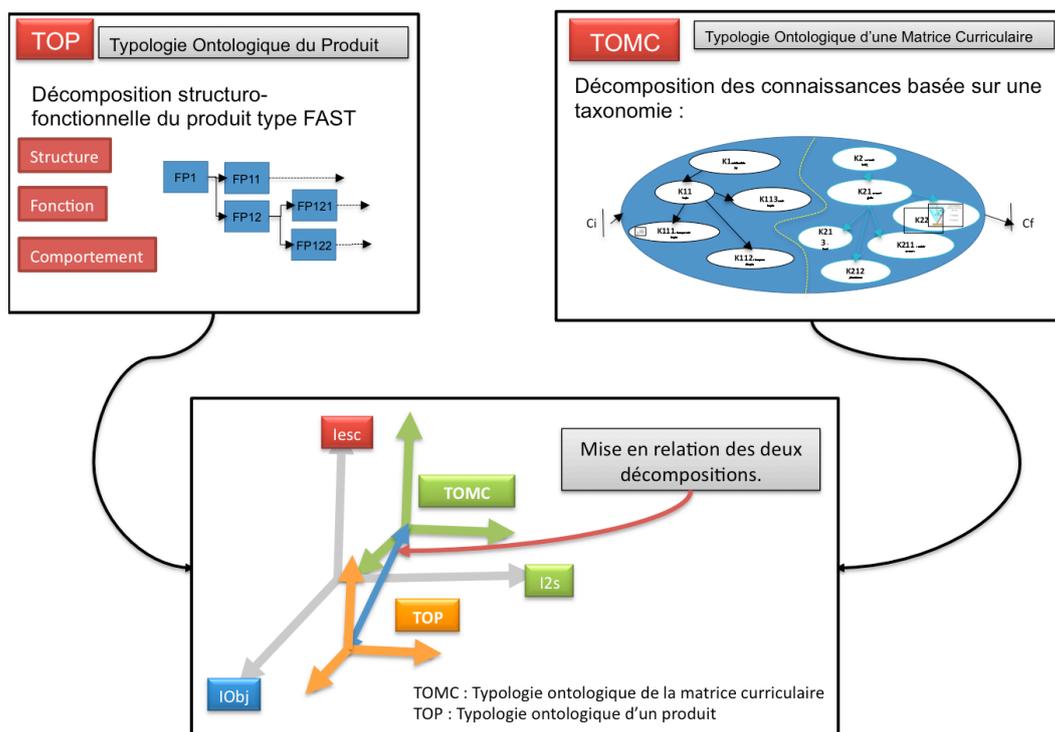


Figure 1.C1 : Observations initiales

## 1.5 Caractéristiques de l'objet d'étude : le Produit étendu

Un produit étendu est un bien matériel accompagné d'un ou de plusieurs services associés. C'est la définition proposée par T. Levitt dans [Levitt, 81] et enrichie par Thoben dans [Thoben, 01]. Dans la proposition de ce manuscrit, on postule que le produit étendu est générateur de connaissances. C'est un nouveau concept que Levitt n'abordait pas dans son analyse. En effet, au cours de son cycle de vie, le produit génère de la connaissance, il s'agit de la *génération interne*. Lors de son utilisation et lors de sa maintenance, de nouvelles connaissances sont aussi générées. C'est alors qu'apparaît la capacité de ce même produit à faciliter la transmission et à générer des connaissances. Cette connaissance est issue des interactions des acteurs pendant la conception.

Cet ensemble d'échanges au sein du processus appelé *ingénition* est la contribution principale de ce travail de recherche. En effet, nous nous servons des interactions au sein des services en l'occurrence dans la phase de conception, pour augmenter la valeur du produit que nous concevons en lui ajoutant une valeur nouvelle, une capacité à transmettre. Cette capacité sera fort utile lors de conceptions futures. Elle sera intéressante, aussi, dans la mise en œuvre de

formation en interne permettant à des concepteurs novices de s'approprier la culture propre de l'entreprise.

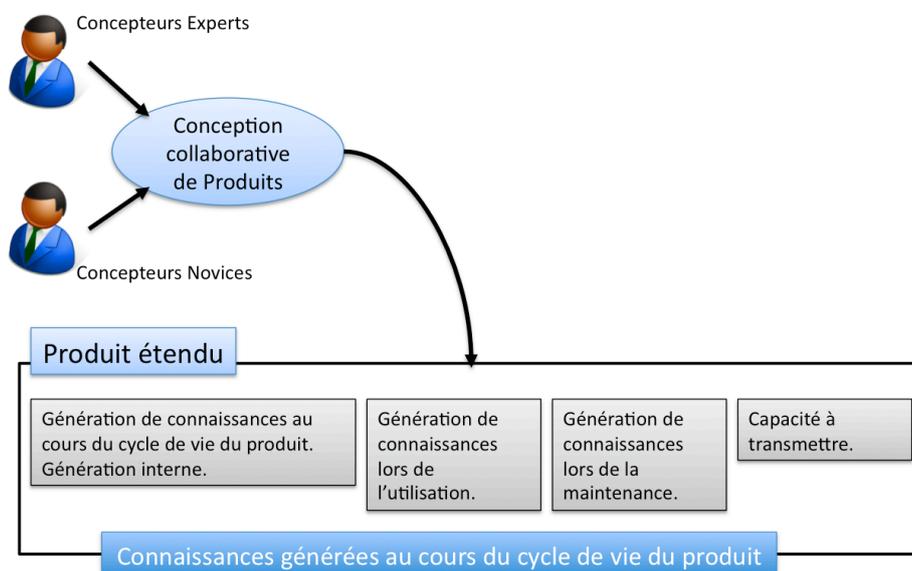


Figure 2.C1 : Génération des connaissances à partir du modèle de « produit étendu » augmenté de la capacité à transmettre.

## 1.6 Approche de l'apprentissage de la conception par la didactique<sup>1</sup>

La Figure 3.C1 propose une représentation combinée de deux cycles de vie. D'une part, en haut de la figure, on voit le cycle de vie du produit vu dans le domaine industriel et celui de l'apprentissage et la transmission de connaissances attachée à chacune de ces phases. Les travaux de cette thèse se sont essentiellement focalisés sur ce dernier domaine puisqu'ils s'attachent à identifier et à modéliser le processus d'apprentissage liant les concepteurs Experts-Novices dans l'objectif d'amélioration des performances en conception. Nous montrons que non seulement la conception est créatrice de connaissances mais que la relation concepteurs Expert-Novice est elle-même créatrice de nouvelles connaissances et accompagne le processus complexe de transmission des connaissances.

<sup>1</sup> La didactique d'une discipline est la science qui étudie, pour un domaine particulier, les phénomènes d'enseignement, les conditions de la transmission de la culture propre à une institution et les conditions de l'acquisition de connaissances par un apprenant. [Martinand, 85].

Il est possible de transposer ces mêmes concepts dans le domaine de l'apprentissage (en bas de la Figure 3.C1). Dans ce dernier domaine, la relation ne concerne plus les concepteurs (clients) Expert-Novice mais plutôt Professeur-Etudiants ; il s'agit du domaine de la formation. Dans ce domaine les enjeux sont similaires sans pour autant être identiques. L'enjeu essentiel dans le domaine industriel est lucratif ; une meilleure conception permet un retour sur investissement plus important et rapide tandis que l'enjeu du domaine de formation est avant tout lié à la recherche d'un enrichissement de connaissances des apprenants et cela sans but lucratif véritablement visible en termes de rentabilité. C'est pour cela que si nous savons décomposer la relation Expert-Novice, nous pouvons la transposer au sein du service de conception pour en améliorer les phases de nécessaire compréhension entre les acteurs. Ces flux de décomposition des phases d'apprentissage peuvent s'enrichir les uns les autres dans un processus double. L'apprentissage construit de l'enrichissement à partir des connaissances et la conception construit un enrichissement des connaissances transférables par des apprentissages. Ces deux processus auparavant analysés de façon très distincte l'un de l'autre, sont ici mis en regard pour faire émerger, d'un côté de la connaissance et de l'autre des structures mentales permettant de les faire partager et donc de les enrichir. Le développement de telles décompositions passe par l'analyse systématique des processus de création de connaissances auparavant peu ou pas étudiés.

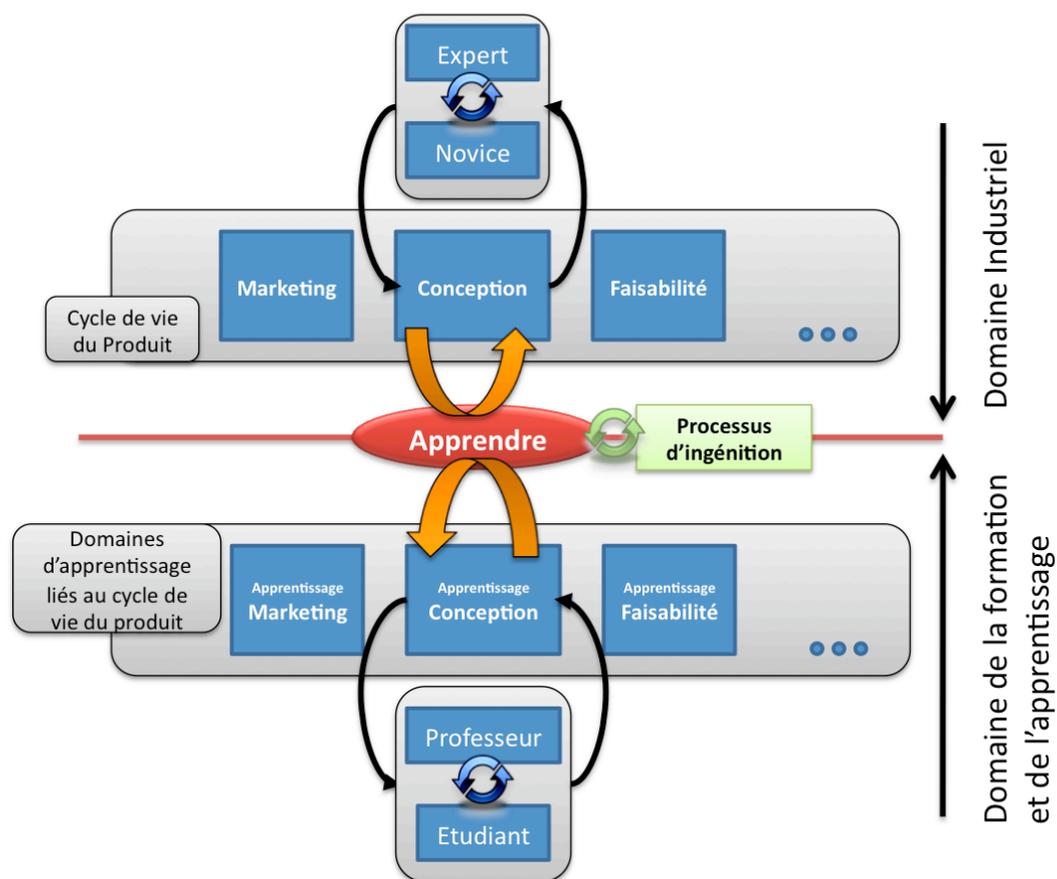


Figure 3.C1 : Apprendre à concevoir : un double flux issu de la conception de produit et de l'apprentissage de la conception.

La relation entre les différents concepteurs au sein d'environnement spécifique de conception, dépend de paramètres divers et surtout du contexte dans lequel se déroule la conception (cf. la Figure 4.C1). Le « concepteur-expert-didacticien<sup>2</sup> » (en haut à droite) peut être assimilé à un chef de projet. Il doit avoir une vision stratégique, décisionnelle, et opérationnelle des situations dans lesquelles le projet se trouve. C'est également lui qui doit mettre en œuvre un environnement propice à la transmission et propice à la création/conception. [Robin, 04a, 04b, 05a, 05b], [Merlo, 03], [Rose, 02, 04, 05] ont montré l'importance des facteurs déterminants entre acteurs à mettre œuvre pour que les situations de conception soient le plus efficaces possibles.

<sup>2</sup> "La didactique, c'est exercer une responsabilité par rapport à des contenus", écrit Martinand, [Martinand, 85, 89, 92,94]. La didactique comporte un ancrage disciplinaire plus marqué que la pédagogie, ainsi qu'une dimension épistémologique (la nature des connaissances à enseigner).

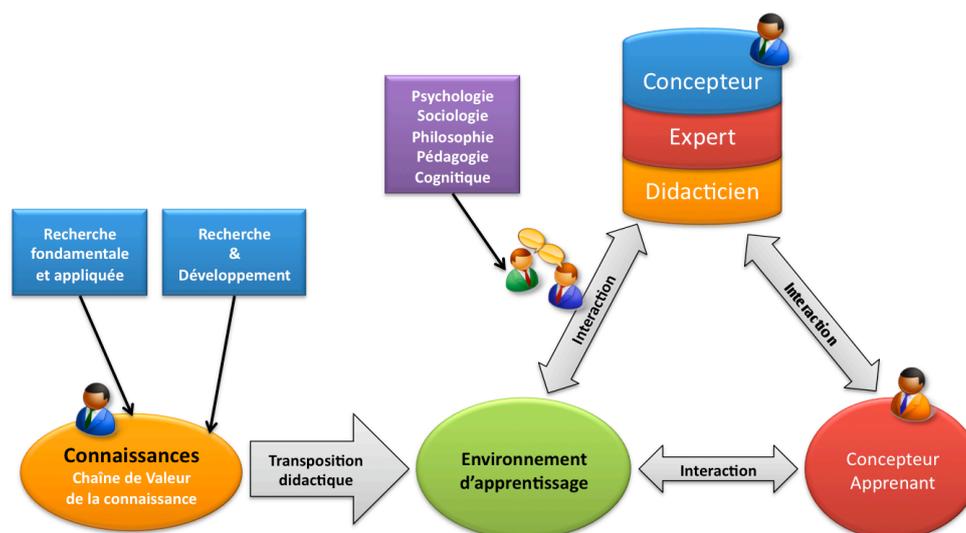


Figure 4.C1 : Environnement didactique en conception collaborative.

L'environnement d'apprentissage sera d'autant plus propice à une meilleure compréhension des concepts pour les concepteurs novices, que les connaissances générées auront été transposées de façon pertinente c'est-à-dire compréhensibles par eux. En effet, une connaissance identifiée par les acteurs de la conception ne devient transmissible que lorsque ces mêmes acteurs ont intégré les différentes formes de transmission. Par un travail issu de la psychologie, la sociologie, la philosophie, la pédagogie et la cognitive, le concepteur expert se transforme petit à petit en expert de la conception.

C'est alors que le rôle de l'expert en conception peut se décliner comme cela est représenté sur la Figure 5.C1. Il n'est plus essentiellement concepteur, il va se transformer en « concepteur expert et didacticien » c'est-à-dire en acteur capable de transmettre des connaissances.

Le concepteur novice ou apprenant passe d'un état  $i$  à  $j$  par une phase d'apprentissage. Cette phase d'apprentissage est une phase complexe qui voit plusieurs éléments se combiner les uns aux autres. Un concepteur expert va choisir, élaborer et mettre en œuvre des démarches, méthodes, activités, supports et ressources dans le but de transmettre ce qu'il sait à partir de la conception qu'il est en train de mener à bien. Il va se servir de son environnement social, de son environnement symbolique et sémantique ainsi que de son environnement constitué des objets déjà conçus. Ces trois éléments vont impacter fortement sa façon d'agir et de réfléchir. Enfin, d'autres concepteurs peuvent venir lui prêter main forte ainsi que la culture propre du

concepteur novice ou apprenant dans la phase d'apprentissage de nouvelles méthodes lors de la conception.

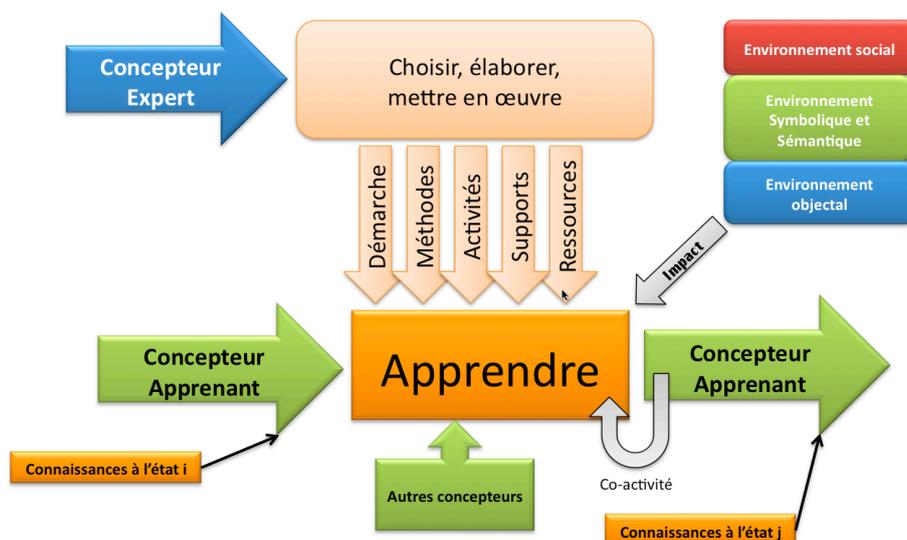


Figure 5.C1 : Apprendre en conception

## 1.7 Conclusion

Les acteurs de la formation, qu'ils soient décideurs, formateurs ou usagers, sont conduits à s'interroger, aujourd'hui plus que jamais, sur les enjeux, les contenus, les modalités, les démarches, les stratégies de la formation au sein des équipes de conception. Une formation «face au défi de la complexité» ne peut pas être perçue comme une liste d'acquisitions linéaires à construire dont la somme égalerait le tout. Du fait qu'elle comprend un ensemble d'apprentissages complexes et exige des savoirs de terrain, l'apprentissage en conception se situe davantage dans une relation à cette complexité et dans l'organisation personnalisée des apprentissages que dans un réseau de tâches. Par ailleurs, cette démarche, conçue et animée par le « concepteur novice » en étroite collaboration avec l'équipe de « concepteurs experts », devrait être analysée d'abord sur le terrain, pour se poursuivre ensuite, au travers de réflexions, tant individuelles que collectives. Il sera pertinent de mobiliser des apports théoriques en favorisant la confrontation de regards complémentaires. L'accent devrait être mis sur ce que les anglo-saxons appellent la relation d'« empowerment », c'est à dire la capacité à développer des pratiques de mobilisation, d'engagement ou encore de changement. L'entreprise, en tant que système, doit améliorer globalement ses compétences, en tirant parti de ses propres expériences, en travaillant à partir de ses propres ressources. La réussite dans le changement passe par la coopération, l'engagement et la responsabilisation de chacun, mais

également dans l'interaction des entités qui le constituent. L'appropriation des connaissances de l'extérieur n'est qu'une condition nécessaire du succès qui repose tout autant sur les connaissances tacites et, plus largement, sur les compétences mises en œuvre et développées dans l'organisation elle-même que sur le management de la connaissance («Knowledge management») dans une entreprise a ainsi pour objectif de faire émerger, d'organiser et d'utiliser la connaissance comme support à l'innovation continue. Cela correspond à la prise de conscience que sa mémoire, sa culture sont également un capital pour elle-même. Générée par ses propres activités, elle est valorisée dans ses activités nouvelles. «L'intelligence économique» n'est une clé que si elle repose sur une réflexion sur les pratiques de l'entreprise et sur l'adaptation des structures pour lui permettre de produire elle-même la connaissance et les compétences qui lui sont nécessaires. Cela conduit à travailler sur le management des connaissances entre les services et à développer une approche apprenante des organisations.

Ainsi, le triptyque : théories de l'apprentissage, théories de la conception, théories de la connaissance permet d'éclairer l'approche envisagée. (Figure 6.C1)

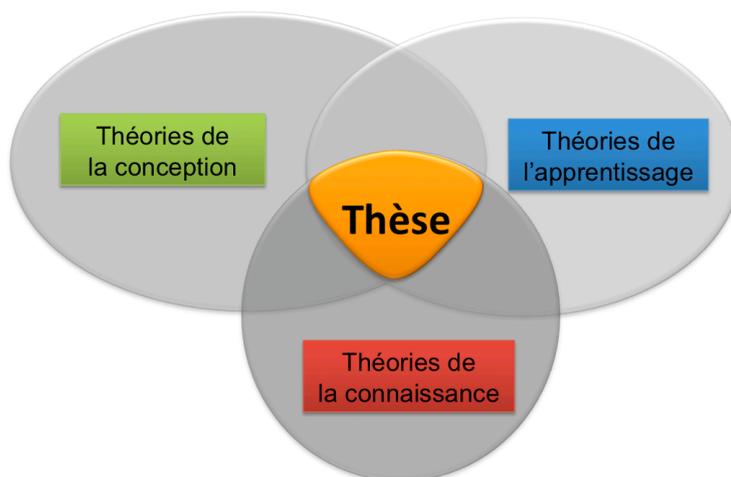


Figure 6.C1 : Triptyque de l'étude

La démarche globale que nous proposons à partir de cette définition de la problématique s'appuie sur un processus nommé : « Processus d'ingénition ». C'est une intégration des trois théories, à savoir : théorie de la conception collaborative, théorie de l'apprentissage et théorie de la gestion de la connaissance. C'est une nouvelle proposition pour améliorer le jeu incessant de va-et-vient entre les idées des concepteurs et les attentes des clients. L'idée principale sous-jacente à ce « Processus d'ingénition » est la description systématique des processus d'ingénierie permettant la création et la génération de la connaissance au sein de toutes les structures de l'entreprise et en particulier au sein du service de conception.

En résumé, les contours de la problématique d'une activité de conception collaborative en tant que situation d'apprentissage peuvent s'envisager dans la formulation des interrogations suivantes :

1. Comment faire le suivi opérationnel des générations et créations successives des connaissances ?
2. Comment décrire ces connaissances générées et suivant quel processus ?
3. Comment se servir de cette génération pour améliorer la conception des produits en étant de plus en plus près des attentes des clients ?
4. Comment montrer de façon efficace les chainages entre les différentes connaissances ayant des granularités différentes ? et enfin,
5. Quelle solution viable proposer pour que cette génération de connaissance puisse être stockée, analysée, structurée, et partagée dans le but d'un réinvestissement lors de conceptions futures ?



# **Chapitre 2**

## **Etat de l'art**

## Sommaire détaillé

1.	Etat de l'art en conception .....	42
1.1	Panorama des méthodes de conception .....	43
1.1.1	Modèles prescriptifs de la conception .....	44
1.1.2	Modèles descriptifs de l'activité de conception .....	45
1.2	Des différentes formes de conception vers la conception collaborative .....	46
1.2.1	Modèle de la conception : l'approche « Design Co-ordination » .....	46
1.2.2	Modèles de la conception : conception et organisation .....	47
1.2.3	Modèles de la conception : coordination et coopération .....	47
1.2.4	Modèles de la conception : conception et innovation .....	48
1.2.5	Modèle de la conception : la conception collaborative .....	49
1.2.5.1	La conception participative en ingénierie concurrente .....	49
1.2.5.2	La conception participative par moments .....	50
1.3	Conclusion partielle .....	52
2.	Etat de l'art de la connaissance en conception .....	52
3.1	.....	52
3.2	.....	52
2.1	Les connaissances transformées par la conception .....	52
2.1.1	Connaissances relatives au produit .....	53
2.1.2	Conclusion partielle .....	54
2.2	Connaissances relatives au processus .....	54
2.2.1	Modèles de processus .....	54
2.2.2	Modèles mixtes produit – processus .....	55
2.2.3	Conclusion partielle .....	56
2.3	Compétences individuelles et collectives .....	56
2.4	Capitalisation et gestion des connaissances .....	58
2.4.1	Méthodes issues de l'ingénierie des connaissances .....	59
2.4.1.1	Approche descendante .....	59
2.4.1.2	Approche ascendante .....	61
2.4.1.3	Approche coopérative .....	62
2.5	Conclusion partielle .....	63
3.	Etat de l'art sur la gestion de la connaissance .....	64
3.1	De la gestion de la connaissance .....	64

3.1.1	Introduction .....	64
3.1.2	Le contexte de la gestion des connaissances .....	65
3.1.3	Les modèles de la gestion des connaissances et leurs cadres .....	66
3.1.4	De la gestion de la connaissance en général.....	67
3.1.4.1	Définition et objectifs .....	67
3.1.4.2	Capitalisation des connaissances .....	68
3.1.5	De la gestion de la connaissance en particulier .....	69
3.1.6	Chaîne de valeur de la génération de la connaissance (VCKC).....	70
3.1.7	Composants de base de la chaîne de valeur .....	71
3.1.8	Composants de la transformation / Traitement des données, des informations, des connaissances 75	
3.1.9	Nature récursive de la Chaîne de Valeur des Connaissances .....	78
3.1.10	Quelques implications .....	79
3.1.10.1	La gestion de la Chaîne de Valeur.....	79
3.1.10.2	La Chaîne de Valeur et la stratégie .....	79
3.2	Conclusion partielle .....	80
3.3	Gestion et organisation d'une mémoire organisationnelle.....	81
3.3.1	Mémoire Organisationnelle.....	81
3.3.1.1	Définitions .....	81
3.3.1.2	Gestion d'une mémoire organisationnelle .....	82
3.3.1.3	Construction d'une mémoire organisationnelle.....	85
3.3.2	Conclusion partielle.....	87
4.	Apprentissage des acteurs de la conception .....	88
4.1	Des compétences/capacités aux connaissances des acteurs de la conception.....	88
4.1.1	Introduction .....	88
4.1.2	Plusieurs types de compétences/capacités.....	88
4.1.2.1	Qu'est ce qu'une compétence/capacité ?.....	89
4.1.2.2	La compétence/capacité, un concept dynamique.....	89
4.1.2.3	Aspects contradictoires.....	90
4.1.2.4	Premiers modèles de compétences/capacités.....	90
4.1.3	Les compétences/capacités au regard de la triple instrumentation.....	91
4.1.4	Les ressources à mobiliser.....	92
4.1.5	Les compétences/capacités collectives.....	92
4.1.6	Les situations sociales de la construction des compétences .....	93
4.1.7	Les composantes de la construction des compétences .....	93
4.1.7.1	Approche 1.....	93
4.1.7.2	Approche 2.....	94
4.1.7.3	Approche 3.....	94
4.2	Apprentissage – acquisition des compétences/capacités.....	95
4.2.1	Les théories contemporaines sur l'apprentissage.....	95
4.2.2	Des approches et théories diverses et variées.....	96

4.2.3	Apprentissage et sujet.....	96
4.2.4	Un nouveau modèle d'apprentissage : le modèle allostérique.....	97
4.2.4.1	Fonctionnement du modèle.....	97
4.2.5	Un environnement didactique adéquat est nécessaire.....	98
4.2.6	Conclusion partielle.....	99
4.2.7	Le modèle de Giordan.....	99
4.2.7.1	Méthodologie.....	100
4.2.8	Le triptyque « Elaboration Intentionnalité Métacognition ».....	100
5.	Conclusion.....	101

## Etat de l'art

Cet état de l'art met en regard de façon systématique et dans les limites de notre perception de la littérature produite sur le sujet, les éléments qui étayent la mise au point des modèles présentés au Chapitre 3. Nous avons parcouru trois domaines distincts comme nous l'avons indiqué dans la problématique. Paradoxalement, l'état de l'art se décompose en 4 parties différentes. Ce sont les parties 2 et 3, très proches, qui ont été découplées. Dans la partie 2, nous montrons ce que les connaissances ont de spécifique en phase de conception et dans la partie 3, nous montrons comment il est possible de gérer ces connaissances indépendamment du milieu ou du contexte d'étude.

Dans chacune des parties, ont été mis en exergue en encadré bleu les points qui sont apparus très pertinents pour les propositions futures.

1. Partie 1 : la conception
2. Partie 2 : la connaissance en conception
3. Partie 3 : la gestion de la connaissance
4. Partie 4 : l'apprentissage des acteurs de la conception

# 1. Etat de l'art en conception

Dans un premier temps, les méthodes de conception classique sont analysées pour mener la réflexion vers une analyse d'une forme de conception plus adaptée à notre problématique ; à savoir : la conception collaborative. En effet, l'investigation qui a été définie est bien dans ce champ là. Il est important de montrer comment la conception collaborative prend en compte toutes les particularités de la génération des connaissances telle qu'elle est envisagée dans cette étude.

D'une façon générale, toutes les méthodologies de conception se distinguent par le niveau d'intervention proposé et par les solutions envisagées. Ainsi, nous avons identifié :

Des méthodologies de conception du produit :

1. qui portent sur la standardisation des composants, montrée par Dupont, Fouque, Lee et Thonemann dans [Dupont, 99], [Fouque, 99], [Lee, 97], [Thonemann, 00]
2. qui portent sur la standardisation des produits, montrée par Kota dans [Kota, 00] et Briant dans [Briant, 00]
3. qui traitent de la conception modulaire des produits, ainsi que le décrivent Huang dans [Huang, 98] et Kusiak dans [Kusiak, 96, 99]
4. qui proposent des architectures de familles de produit comme les auteurs suivants tels que [Agard, 02], [Dahmus, 01], [Erens, 97], [Gonzalez-Zugasti, 00], [Gupta, 98], [Jiao, 99], [Martin, 99], [Simpson, 00]

Des méthodologies de conception du process basées sur :

1. la standardisation des process par [Lee, 96] et [Agard, 02]
2. le report de la différenciation au stade de la distribution analysé par Bruce dans [Bruce, 87] et Twede dans [Twede, 00]
3. le re-séquençement des processus par Lee dans [Lee, 96]
4. la restructuration des processus Lee dans [Lee, 98]
5. les technologies de groupe par Hyer dans [Hyer, 04]
6. les gammes génériques d'assemblage [Gupta, 98], [He, 97], [Stadzisz, 97]

## 1.1 Panorama des méthodes de conception

Plusieurs auteurs ont entrepris de recenser les différents modèles de conception, tels Dixon dans [Dixon, 87], Evbuomwan dans [Evbuomwan et al, 96] ou Perrin dans [Perrin, 01]. Trois catégories se dégagent :

1. les modèles prescriptifs, qui assimilent la conception d'un point de vue global à une procédure plus ou moins complexe, suivie par les acteurs,
2. les modèles descriptifs (ou cognitifs), qui rendent compte des activités des acteurs, à un niveau individuel ou inter-individuel,
3. les modèles « computationnels », qui traitent informatiquement la conception d'un produit.

Deux visions apparaissent alors :

1. le processus est étudié dans son ensemble. Il est centré sur les transformations et les flux d'informations, les entrées et les sorties.
2. une approche centrée sur l'homme, qui tente indirectement de comprendre comment fonctionnent ses capacités d'analyse, d'abstraction et de création.

Ces visions sont particulièrement intéressantes dans la phase de collecte des informations dans le but de construire des réseaux structurés. Perrin dans [Perrin, 01] propose une classification montrant la conception à l'aide de plusieurs points de vue :

1. une succession hiérarchique de phases,
2. l'itération d'un cycle élémentaire,
3. un phénomène émergent d'auto-organisation d'acteurs interagissant,
4. un processus cognitif,
5. une forme de communication et de conversation.

En ajoutant les deux approches « approche processus » et « approche centrée sur l'acteur » aux cinq points de vue différents, on voit combien la génération des connaissances est conditionnée à la conjonction de facteurs humains, de processus issus des connaissances et de leur utilisation, des systèmes de transmission de celles-ci.

### 1.1.1 Modèles prescriptifs de la conception

La « succession hiérarchique de phases » correspond à une vision macroscopique depuis la définition du besoin jusqu'à la définition complète du produit (artefact). Pahl dans [Pahl, 84], montre que ce processus comporte quatre phases :

1. la définition du cahier des charges ou problème à résoudre,
2. la conception de principes (« conceptual design »),
3. la conception d'ensemble (« embodiment design »),
4. la conception de détail (« detail design »).

Nous avons également étudié les travaux de March dans [March, 84] qui propose une décomposition en trois stades : l'abduction (analyse et proposition de solutions), la déduction (évaluation de la solution) et l'induction (de façon rétroactive, l'identification d'améliorations possibles) ; ainsi que les travaux de Blessing dans [Blessing, 94] qui elle propose la décomposition suivante : génération des solutions, évaluation, sélection, validation et modification, puis formalisation de la solution ; et enfin nous avons étudié les travaux de Roozenburg dans [Roozenburg, 95] présentés de la façon suivante : Analyse, synthèse, simulation, évaluation puis décision (Figure 1.C2).

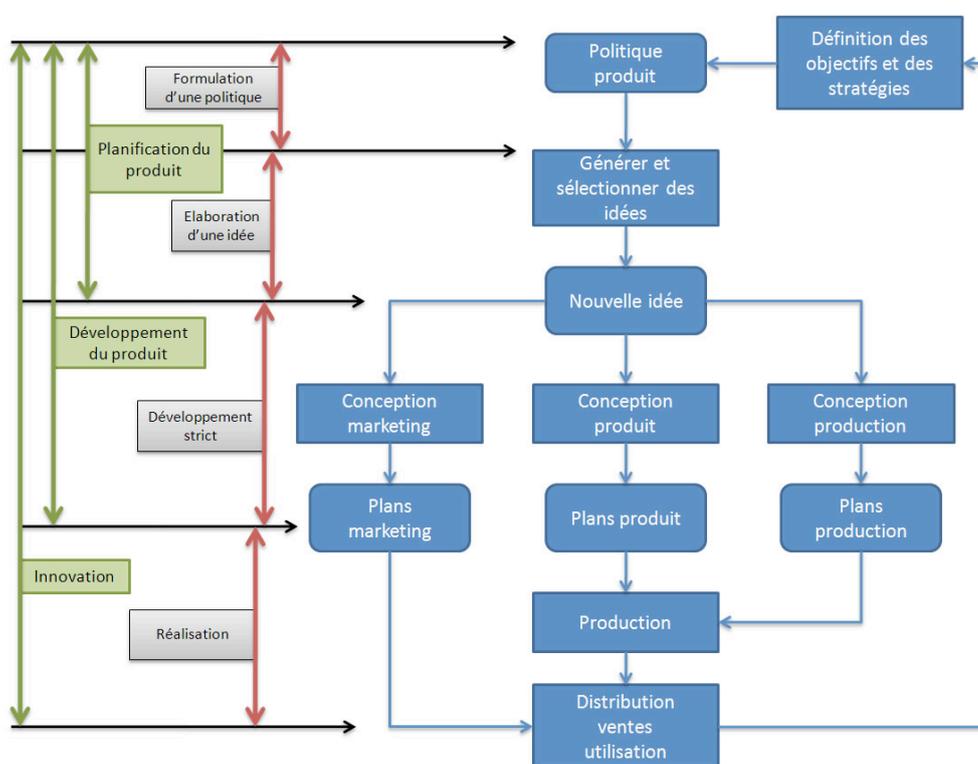


Figure 1.C2 : Les phases du processus de conception et innovation d'après Roozenburg [Roozenburg, 95]

Ces chercheurs ont montré que le processus de création de solutions techniques passe par différentes phases de maturation/validation. Les phénomènes de création de la connaissance sont très proches de ces multiples itérations. Avant de connaître quelque chose, de multiples essais et tâtonnements sont requis avant appropriation. Ce sont ces états intermédiaires que Jeantet dans [Jeantet, 98] nomme «objets intermédiaires». Perrin dans [Perrin et al, 95] considère que durant ces périodes de coopération, les acteurs mettent en œuvre un processus d'apprentissage s'appuyant sur des ressources cognitives, organisationnelles et institutionnelles permettant d'obtenir des compromis. Il est donc important de donner aux acteurs la possibilité de capitaliser leurs expériences pour développer leurs compétences, les partager et surtout dans un premier temps, les identifier.

La démonstration objective d'une décomposition basée sur des phénomènes d'itération liés les uns aux autres montre l'importance de conserver une décomposition permettant aux acteurs de décrire phase après phase le cheminement de leur création.

### **1.1.2 Modèles descriptifs de l'activité de conception**

De nombreux travaux, tels ceux de Cross dans [Cross, 92] sur le « processus cognitif » ceux de Dixon dans [Dixon, 87] sur l'acquisition des compétences, ceux de Schön dans [Schön, 97], permettent d'envisager l'activité cognitive du concepteur comme une « forme de communication et de conversation ». Les travaux de Piore dans [Piore, 97] montrent la pertinence de la linguistique et des sciences cognitives ainsi que les problèmes des limites de la rationalité dans les phases de conception. Nous nous servons de ces travaux pour proposer une méthode suffisamment ouverte pour ne pas trop contraindre par une trop grande formalisation l'acte créatif du concepteur. C'est pour cela que l'innovation et la conception ont des similitudes certaines. Nous pouvons le constater au travers des travaux de Xuereb dans [Xuereb, 91], de Gomory dans [Gomory, 89] qui présentent un «modèle hiérarchique et linéaire» permettant à la fois de se repérer dans une succession hiérarchisée du processus de conception et de montrer la pertinence de cette spécificité de la création/innovation en conception.

Le modèle devra laisser toute sa part à la liberté créatrice des acteurs de la conception.  
Il permettra de décrire et non de prescrire.

## 1.2 Des différentes formes de conception vers la conception collaborative

### 1.2.1 Modèle de la conception : l'approche « Design Co-ordination »

L'approche « Design Co-ordination » s'intéresse à la coordination de la conception comme moyen d'optimisation global du processus de conception. Girard dans [Girard, 99], en complément d'Andreasen dans [Andreasen et al, 96], identifie quatre activités principales et quatre facteurs nécessaires pour assurer la coordination : la prise de décision qui porte sur les tâches à réaliser, le contrôle sur les ressources, la modélisation sur les points de vue métier et la planification sur le temps. Ainsi la liste des critères que ces chercheurs ont mis en exergue, nous servirons de trame descriptive :

1. le « cycle de développement de produit »,
2. la « décomposition » qui est un modèle de produit multi-vues,
3. les « disciplines et technologies » associées au produit à développer, et pouvant servir à une structuration des activités de conception,
4. le « 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,
5. les « matrices de synthèse » décrivant les activités (issues du cycle de vie produit) à mener pour assurer la conception et la production d'un sous-ensemble du produit,
6. les « interactions entre les phases du cycle de développement et du produit », venant compléter les matrices de synthèse en vue d'optimiser leur séquençement,
7. les « objectifs/résultats » décrivant la décomposition des objectifs à atteindre relativement au produit, et les résultats atteints afin de les comparer plus aisément,
8. les « tâches » relatives au développement du produit,
9. les « activités planifiées » qui intègrent le modèle objectifs/résultats et le modèle de tâches pour procéder à la planification des activités,
10. les « ressources » identifiant leurs caractéristiques, leur structure et leurs relations,
11. et enfin « l'historique de conception » qui constitue la mémoire d'un projet de développement de produit par l'archivage des activités réalisées.

Que ce soit avec Girod dans [Girod et al, 00] ou avec Duffy dans [Duffy et al, 97], la coordination de la conception se focalise sur la prise de décision, la gestion des activités de conception et l'évolution du produit, ainsi que l'organisation des équipes de conception. Les travaux de O'Donnel et Haffey dans [O'Donnel, 01] [Haffey, 01] montrent comment

différents types de connaissances sont progressivement exploitées pour conduire un projet de développement.

Que ces approches soient non opérationnelles, ne préjuge pas négativement de l'intérêt que nous portons à celles-ci, bien au contraire. Elles entreront dans le modèle par le biais d'une description multi-vues et multi-critères.

### **1.2.2 Modèles de la conception : conception et organisation**

Selon Blanchot dans [Blanchot et al, 99], nous avons assisté d'une part à «l'explosion des frontières de l'organisation», et d'autre part à «l'émergence d'un management transversal». On assiste au passage «d'une structure pyramidale à une forme de coalition horizontale» [Batazzi, 00].

Ce qui implique une approche de la collecte d'informations différentes et peut être non hiérarchisée comme elle pouvait se faire auparavant.

Blanchot dans [Blanchot et al, 99] montre que les 4 grandes organisations principales dans une entreprise, l'organisation qualité, l'organisation partenaire, l'organisation réseaux, l'organisation compétences, permettent une vision transversale managériale et donc par là même, facilite le décloisonnement. Les organisations transversales décrites par Tarondeau dans [Tarondeau, 98] et les équipes plurifonctionnelles autonomes décrites par Clark dans [Clark et al, 88], ne dépendent pas seulement des compétences d'un individu ou d'un groupe, mais aussi et surtout de la qualité des interactions entre les acteurs. Favoriser les échanges pluridisciplinaires, délocaliser les décisions et améliorer globalement à la fois le cycle de conception et la valeur du produit conçu sont des points importants que cette approche permet.

Ces modes d'organisation différents peuvent venir en aide ou en support en fonction de la conception envisagée mais aussi permettent des passages transverses de services à services facilitant les échanges d'informations, de connaissances.

### **1.2.3 Modèles de la conception : coordination et coopération**

Différentes formes de coordination ont pour objectif de répartir les tâches entre les acteurs et de les coordonner pour garantir la globalité du travail écrit Mintzberg dans [Mintzberg, 89]. L'ajustement mutuel, la supervision directe, et la standardisation correspondent à une

coordination basée sur la « routinisation » du travail, et une coordination basée sur des représentations mentales tels que les décrits Nizet dans [Nizet, 99]. La coopération est un acte conscient et délibéré selon Trousse dans [Trousse, 97] permettant la réalisation d'une activité avec partage d'objectifs communs. Cet engagement formel ou informel, de type « donnant-donnant » de Guerrien dans [Guerrien, 95], donne naissance à des échanges de savoirs et de savoir-faire. Hatchuel dans [Hatchuel, 94] l'a montré. Ferber dans [Ferber, 97] propose qu'en fonction du contexte du projet et des objectifs, on pourra déterminer le mode de coordination le plus adapté et les conditions favorisant la coopération. Nous pensons comme Blanco dans [Blanco, 98] que l'emploi de supports de travail communs ou argumentation systématique des points de vue sera plus aisé pour mettre en œuvre une traçabilité des relations liées au savoir et à la connaissance générée. Dans le cas d'une organisation en réseau, les travaux sur l'apprentissage organisationnel de Josserand dans [Josserand, 00] apportent des éclairages précis. Hanappi-Egger montre dans [Hanappi-Egger, 96] que cet apprentissage est conditionné à la réelle volonté des acteurs de coopérer.

#### **1.2.4 Modèles de la conception : conception et innovation**

Ce que nous avons de commun avec Eisenhardt dans [Eisenhardt, 98], (maintien d'un flux de produits innovants), avec Hatchuel dans [Hatchuel, 01] (l'innovation comme processus structuré et spécifique axée sur la production de connaissances nouvelles et divergentes) et avec Loilier dans [Loilier, 99] (l'innovation comme le résultat d'un processus amenant le résultat) c'est que cette dimension innovante ou cette évolution permanente décrite par Temri dans [Temri, 00] favorise la divergence des connaissances explorées. Le tout devant être ensuite capitalisé, afin de mettre en place une logique collective d'apprentissage à long terme comme le rappelle Chapel dans [Chapel, 01]. Ce point-ci est fondamental et très important pour la suite de notre démonstration. Bellon et Carrier vont encore plus loin dans [Bellon, 94], [Carrier, 96] en affirmant que l'innovation est un processus cognitif collectif basé sur les interactions interindividuelles. De plus, la capacité d'innovation est liée à l'exploitation de connaissances disponibles et transférables tacites, et à la mise en œuvre de compétences organisationnelles, collectives, certaines routinisées. La constitution de réseaux pluridisciplinaires internes ou externes favorise l'accès à ces connaissances et compétences comme le propose Legardeur dans [Legardeur, 01].

### 1.2.5 Modèle de la conception : la conception collaborative

Plusieurs concepts entrent en ligne de compte lorsqu'on envisage la conception collaborative. Les frontières avec les modèles évoqués précédemment sont parfois très nettes, et parfois beaucoup plus floues. En effet, les modèles précités sont tous liés à une interrelation entre les différents acteurs. Bien évidemment, notre but n'a pas été de faire la liste exhaustive de ce colossal travail entrepris par les différentes équipes de recherche depuis une vingtaine d'années. Nous nous sommes attachés à observer, à extraire les caractéristiques intéressantes des différentes méthodes et propositions.

#### 1.2.5.1 La conception participative en ingénierie concourante

Le rôle de cette forme de conception est d'accroître la performance du processus de développement de la conception, en améliorant la prise de décision, en proposant des structures d'équipes multifonctionnelles, en incluant les utilisateurs pour un gain de temps.

L'ingénierie concourante permet de travailler sur le cycle de vie du produit en parallélisant les tâches. Cette méthode de conception intègre les utilisateurs, les ingénieurs de développement, les autres corps de métiers. Elle est associée à une méthode de conduite multidisciplinaire par formation croisée. Cette méthode permet de minimiser le cycle de production en éliminant les phases de reconception. Elle permet de minimiser les coûts de production. Elle permet de maximiser la qualité en dégageant du temps pour la conception initiale. Elle permet enfin d'améliorer le travail de groupe par formation croisée. Granath dans [Granath, 91] introduit le concept de processus de conception collectif.

Tous les acteurs sont considérés comme des experts, toutes les personnes concernées par le résultat du processus participent au processus créatif, tous les acteurs sont considérés comme utilisateurs potentiels, les consultants externes participent au travail de conception.

Les barrières socio linguistiques entre ingénieurs concepteurs experts et concepteurs novices sont parfois importantes. Ils n'utilisent pas forcément les mêmes moyens de communication et les mêmes niveaux de connaissances. Cela nécessite d'éliciter les connaissances et les pratiques en les fondant sur l'artefact initial. Cette méthode possède quelques avantages non négligeables. Elle se prête très bien à une situation de conception située, distribuée ou

partagée. Elle permet de capitaliser les connaissances et les expériences et de s'affranchir de la mémoire sélective des acteurs en canalisant leur rôle.

### 1.2.5.2 La conception participative par moments

Cette démarche est intégrative et centrée sur l'utilisateur. Elle met en contact les acteurs et les experts sur la conception d'artefacts finaux, intermédiaires ou initiaux. De plus, elle permet de situer véritablement les interactions entre les trois artefacts précités et les utilisateurs finaux, intermédiaires ou initiaux.

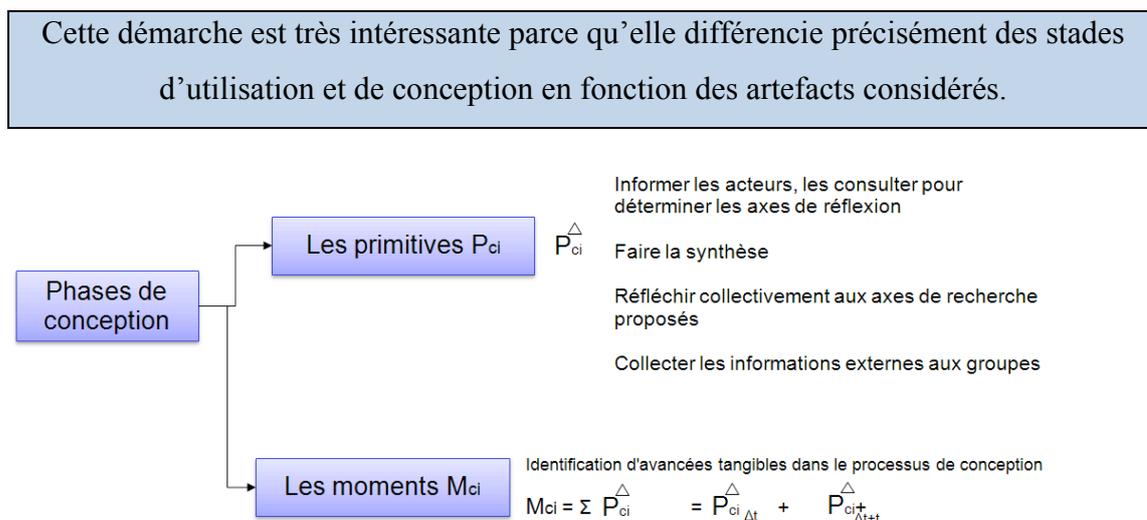


Figure 2.C2 : Principes de la conception par moments

Au cours de chaque phase de conception (Figure 2.C2), des moments de conception  $M_{ci}$  sont identifiés. Ces moments sont composés de primitives de conception  $P_{ci}$ . La somme de ces  $P_{ci}$  constitue la base de connaissance issue de cette méthode.

Cette décomposition des phases de conception en instants primitifs est à l'origine de ce qui sera proposé plus tard en termes de connaissances primitives ; à savoir :  $K\Delta$ .

Les moments de conception peuvent ensuite être identifiés en module assemblés les uns aux autres comme sur les Figure 3.C2 et Figure 4.C2.

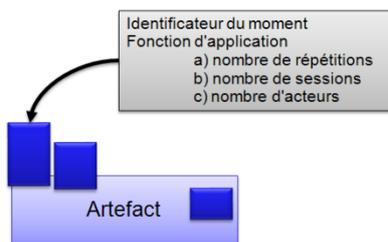


Figure 3.C2 : Moments de conception

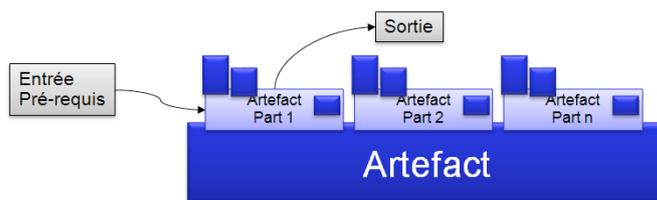


Figure 4.C2 : Cas d'un artefact complexe

Sur la Figure 3.C2, nous pouvons voir des blocs symbolisant des moments de conception. Ces moments mis bout à bout, les uns les autres, constituent les moments de la conception de l'artefact. Chaque artefact peut être associé comme dans la Figure 4.C2, à plusieurs autres artefacts pour en constituer un plus complexe. La génération d'une primitive montrée sur la Figure 5.C2, se fait par identification de la transition entre une phase aval et une phase amont. On peut élaborer un décryptage des conditions à satisfaire, des choix et décisions à prendre, des paramètres à transmettre. Cette description des moments transitoires entre moments initiaux et terminaux peut être articulée par des opérateurs permettant le choix de la transition de l'origine vers la destination.

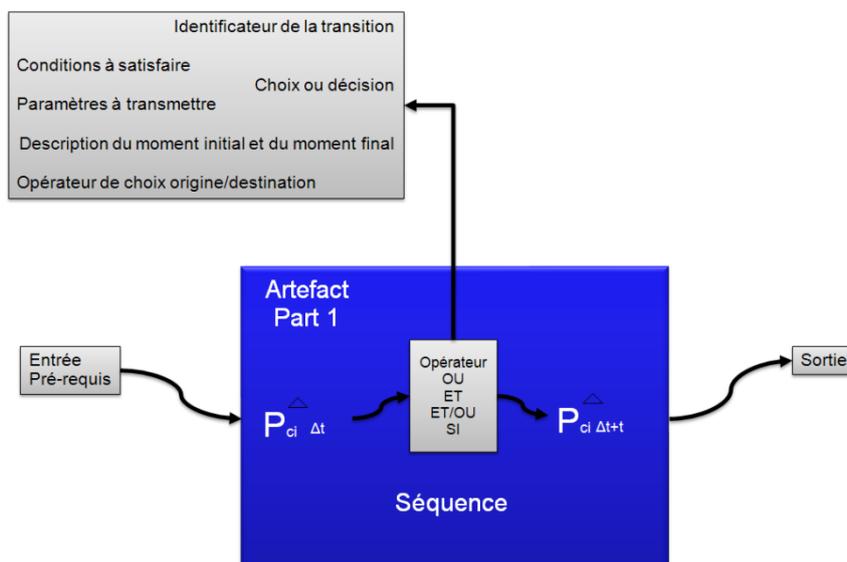


Figure 5.C2 : Génération d'une primitive

### 1.3 Conclusion partielle

De façon générale, les deux approches « approche processus » et « approche centrée sur l'acteur », montrent combien la génération des connaissances est conditionnée à la conjonction de facteurs humains, à la conjonction de processus issus des connaissances et de leur utilisation, ainsi que des systèmes de transmission. Nous avons montré l'importance de conserver une décomposition permettant aux acteurs de décrire phase après phase le cheminement de leur création en gardant toute la part à la liberté créatrice des acteurs de la conception. Ne pas prescrire mais permettre une description multi-vues et multi-critères semble être la meilleure voie. Ce qui implique une approche de la collecte d'informations différentes et peut être non hiérarchisée.

Ces modes d'organisation différents peuvent aider en fonction de la conception envisagée mais aussi permettent des passages transverses de services à services facilitant les échanges d'informations, de connaissances. Ainsi tous les acteurs sont considérés comme des experts et toutes les personnes concernées par le résultat du processus participent au processus créatif. Les acteurs sont considérés comme utilisateurs potentiels, les clients eux mêmes participent au travail de conception. Cela permet de différencier précisément des stades d'utilisation et de conception en fonction des artefacts considérés.

Pour cela, nous nous appuyerons sur une décomposition des phases de conception en instants primitifs de connaissances ; à savoir des primitives de connaissances  $K\Delta$ . De plus, l'existence d'un apprentissage organisationnel constitue un avantage déterminant pour l'entreprise qui a besoin d'un renouvellement continu de ses compétences pour maintenir son avantage concurrentiel comme le décrit Coutinet dans [Coutinet, 99].

## 2. Etat de l'art de la connaissance en conception

### 2.1 Les connaissances transformées par la conception

Dans le chapitre précédent, nous avons clairement énoncé que les différentes méthodes de conception pouvaient s'intégrer de différentes manières dans notre processus. Ce qui est apparu aussi clairement au regard des différents travaux, c'est la nécessité de pouvoir évaluer à la fois l'état de la connaissance relative à l'objet de la conception et comment cet état a été atteint. Garder la trace des connaissances relatives au produit et de leur évolution tout au long du projet, conserver les informations relatives aux activités des acteurs et donc capitaliser à

chaque pas le contexte de cette structuration nous semble un élément fondamental de l'acte : concevoir.

Dans le sous-chapitre suivant, l'accent est mis sur ce qui a été le cœur et le déclencheur de la proposition future.

### **2.1.1 Connaissances relatives au produit**

Dès les premières phases de la conception, les acteurs ont besoin de formaliser et de structurer les informations relatives au futur produit, écrit Tollenaere dans [Tollenaere, 92]. Belloy et Constant dans [Belloy, 94], [Constant, 96] ont proposé un modèle fonctionnel de produit pour les systèmes mécaniques en conception routinière. Le concepteur-expert, décrit le produit comme un ensemble de pièces. La démarche s'appuie sur la définition du schéma cinématique, puis des choix des solutions technologiques qui génèrent la géométrie des peaux et squelettes. Le modèle démontre la possibilité pour un acteur de s'appuyer sur une représentation fonctionnelle de la solution puis d'évoluer vers une définition minimale de la géométrie du produit. Le modèle de conception distribuée de Salau dans [Salau, 95] s'appuie sur 3 modules : fonctionnel (besoin), structurel (réponses) et fabrication. Les différents modules s'appuient sur un ensemble de méthodes et d'outils désormais reconnus : normes Afnor, analyse fonctionnelle, la pieuvre, SADT, diagrammes FAST afin d'identifier les fonctions du produit. Les écoles anglo-saxonnes et nord-européennes proposent bon nombre de modèles qui s'intéressent à la représentation de la connaissance à travers la résolution d'un problème particulier de conception. C'est ainsi que sont traités des aspects extrêmement spécifiques, comme :

1. le modèle à vues multiples (« géométrie » et « simulation ») de [De Martino, 98],
2. ou la représentation de l'architecture produit dans le cas de produits à grande variété et variabilité [Holmqvist, 01],
3. ou encore l'intégration entre la définition géométrique du produit et l'évaluation de son comportement physique [Finger, 01].

Les travaux de Grabowsky dans [Grabowsky, 99] nous ont servi parce qu'ils resituent la problématique dans le cycle de vie du produit. Quatre niveaux de connaissances (les « modelling layers ») sont alors nécessaires : le niveau de modélisation des besoins, le niveau fonctionnel, le niveau de modélisation des principes physiques, et enfin le niveau de modélisation des formes. De la même façon, le modèle « Function - Behaviour - State » de

Umeda dans [Umeda, 90], puis le modèle « Function - Evolution - Process » de Shimomura dans [Shimomura, 95] présentent des caractéristiques identiques en décrivant le travail du concepteur à travers trois étapes séquentielles. De même, la théorie des domaines d'Andreasen dans [Andreasen, 91] propose de structurer la connaissance produit en 4 domaines successifs correspondant aux activités des concepteurs : les phénomènes physiques, puis les fonctions, les organes et enfin les pièces.

Le modèle produit multi-vues élaboré au sein du laboratoire L3S de Grenoble par plusieurs chercheurs [Tichkiewitch, 97], [Chapa Kasusky, 97] [Roucoules, 99] envisage le cas de la conception innovante avec pour objectif de stocker les « connaissances produit » issues de plusieurs métiers et de gérer leurs interactions tout au long du processus de conception. Une première étape conduit à la définition d'un graphe fonctionnel - structurel. A chaque fonction peuvent être associées des structures physiques qui aboutissent à l'identification des « pièces », de leurs fonctions, et de leurs interactions.

### **2.1.2 Conclusion partielle**

De ce premier parcours dans les modèles, il apparaît qu'ils ne possèdent pas simultanément : une représentation multi-vues, une formalisation large, ni une flexibilité suffisante. Il manque, nous semble t'il, une méthode de description de plus haut niveau hiérarchique permettant un pilotage différencié : stratégique, tactique et opérationnel.

La traçabilité et la capitalisation des connaissances ne sont pas souvent abordées. Nous avons donc besoin de modèles à la fois plus génériques et conçus spécifiquement pour gérer l'évolution et la génération de la connaissance tout au long du cycle de vie du produit.

## **2.2 Connaissances relatives au processus**

Nous proposons dans les sous-chapitres suivants un état de l'art plus critique car plus impactant sur la suite de nos propositions. En effet, le processus de conception est important et peu de modèles satisfont aux nouvelles exigences des entreprises. Par exemple, posséder une vue globale de son activité, intervenir spécifiquement sur telle ou telle partie en fonction de critères issus de niveaux complètement différents et indépendants les uns des autres.

### **2.2.1 Modèles de processus**

Bosch dans [Bosch, 94] aborde la représentation du processus de conception dans le cadre d'une application informatique. De la même manière Guetari dans [Guetari, 97] élabore un

modèle qui s'appuie sur un système informatique destiné à l'ingénierie concurrente. Dans le cadre de la conception intégrée synthétisée par Bocquet dans [Bocquet, 98], Ouazzani dans [Ouazzani et al, 98] propose un modèle de processus destiné à faciliter le contrôle du projet, sa conduite et la capitalisation des intentions de conception. La structure présentée a pour avantage de conserver l'historique des objectifs et des actions menées, ce qui permet de rechercher par la suite les conditions et les raisons de certains choix.

Même si l'ensemble de ces modèles est susceptible de répondre à nos besoins d'archivage des activités des concepteurs, ils ne répondent pas du tout à la problématique de la génération des connaissances. Ils sont des marqueurs ou des traceurs de ce qui s'est passé mais pas forcément comment ça s'est passé et comment on peut le réinvestir dans un processus cognitif. C'est un des problèmes majeurs que nous avons identifié. La trace informatisée des processus ne participe pas obligatoirement au processus de génération des connaissances pour les futurs concepteurs.

### **2.2.2 Modèles mixtes produit – processus**

Blessing dans [Blessing, 94] appuie son modèle, simultanément, sur un modèle de processus, un modèle de produit et sur des techniques de capitalisation des connaissances. La matrice « Design Structure Matrix DSM » structure le cycle de développement du produit en un ensemble structuré de problèmes à résoudre et d'activités. Cette matrice permet de garder la trace du cheminement parcouru à un niveau macro, regroupé dans une matrice de stratégie. Lockledge dans [Lockledge, 01] conçoit un système d'informations pour favoriser la communication entre les équipes d'acteurs, comme Clarkson dans [Clarkson, 01]. L'approche multi-modèles pour la capitalisation des connaissances de Harani dans [Harani, 97] se fixe pour objectif la capitalisation des connaissances issue du produit et du processus. L'approche décrite dans le cadre du projet européen DEKLARE de Saucier dans [Saucier, 97] présente bien plus d'intérêt pour nous. Il propose un modèle de produit basé sur l'intégration d'un modèle physique, d'un modèle fonctionnel et d'un modèle géométrique. Le concepteur-expert mécanicien crée les modèles physiques et fonctionnels en parallèle, puis il les enrichit par la prise en compte des aspects métiers, pour aboutir à un modèle physique complet et validé. Le modèle de processus associé et proposé par [Vargas, 95] s'appuie sur le couple conceptuel tâche (problème à résoudre) - méthode (moyen de résolution) pour suivre l'évolution de la conception.

### **2.2.3 Conclusion partielle**

Les différentes approches montrent, toutes, des éléments parfaitement au point en ce qui concerne la description des processus. Il n'en est pas de même dans l'intégration des savoirs et des connaissances générées du fait de la mise en œuvre de ces processus. Peut-être que les équipes se réfugiant dans l'univers de l'informatique pour la plupart ont oublié de se référer au processus de génération des connaissances qui va bien au-delà de la capitalisation.

Ainsi le modèle de [Eynard, 99], même s'il a été conçu pour assurer la traçabilité en vue de la conduite, ne propose pas une analyse de l'exploitation qu'en font les acteurs. Il s'agit pourtant, pour nous, d'un aspect essentiel.

Si l'importance du facteur humain dans la conduite de la conception a été montrée, il n'en reste pas moins que l'homme en tant que ressource dans ce processus constitue l'une des inconnues dans le processus de génération des connaissances.

Dans la suite de ce paragraphe, nous nous attacherons à montrer le plus synthétiquement possible ce qu'ont apporté les différents travaux de la communauté scientifique pour, mieux définir les interactions entre « acteurs – produit – processus - pilotage – conduite ». Nous nous sommes attachés à lister les différentes avancées et à montrer comment la connaissance générée est intégrée aux différents processus.

## **2.3 Compétences individuelles et collectives**

Résoudre des problèmes de conception fait appel aux compétences individuelles et collectives. L'affectation des individus implique la mesure de la compétence de la ressource humaine, tant individuelle que collective. Cela implique aussi la maîtrise de l'évolution de cette compétence, qui dépend directement des interactions entre individus, des modes de coopération établis et de la diversité des compétences présentes. Cela semble être les paramètres essentiels d'un bon fonctionnement d'un groupe de conception, écrit Batazzi dans [Batazzi, 00]

Il est important de donner quelques éclairages sur ce qu'est une compétence et surtout telle que nous l'envisageons.

[Le Boterf, 98] donne deux définitions de la compétence.

1. Une première définition définit la compétence comme une somme de savoirs, de savoir-faire, de savoir-être ou l'application de savoirs théoriques.
2. La seconde définition, résolument « actionnaliste » [Micaelli, 02], s'appuie sur les savoirs combinatoires et l'individu.

L'individu est « constructeur de ses compétences », en combinant et mobilisant des ressources incorporées (connaissances, savoir-faire, qualités personnelles, expérience..) et des réseaux de ressources dans son environnement (réseaux professionnels, réseaux documentaires, banques de données...). La compétence professionnelle est donc un « savoir agir » validé dans un contexte particulier (contextualisation : contraintes et ressources techniques, humaines, financières, logistiques, temporelles... individuelles et de réseaux) et en vue d'une finalité.

Plusieurs points apparaissent dans la littérature comme essentiels dans le processus d'élaboration continu des connaissances lors de la conception :

1. la coopération et la synergie entre les compétences individuelles,
2. l'élaboration de représentations partagées,
3. une communication efficace,
4. une coopération efficiente entre les individus,
5. la capacité de négocier « à froid » les conflits,
6. une visibilité de la contribution individuelle à la performance collective,
7. des modes de coopération appropriés aux formes d'organisation,
8. enfin un « savoir-apprendre » collectivement de l'expérience (formalisation et utilisation des résultats, des revues de projet, des retours d'expérience, processus de capitalisation des pratiques professionnelles et groupes d'échanges de pratiques).

C'est l'ensemble de ces éléments qui va influencer l'émergence d'un processus d'apprentissage.

Les travaux issus des différentes approches de différents chercheurs [Perrin, 99], [Lorino, 03], [Samier, 99] et [Coutinet, 97] se rejoignent sur plusieurs points. Plusieurs facteurs influencent la génération des connaissances, donc leurs compétences :

1. des facteurs organisationnels,
2. des facteurs technologiques,
3. des facteurs économiques,

4. des facteurs socioculturels ou externes.

Ces 4 facteurs identifiés précédemment structureront très nettement le processus d'ingénierie.

### 2.4 Capitalisation et gestion des connaissances

Nous avons évoqué les travaux de différents domaines ayant trait à la modélisation des connaissances en conception. Nous avons montré que les connaissances générées ne se limitent 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. Pour proposer un modèle efficace capable de manipuler des informations de natures aussi diverses, nous avons besoin de méthodologies dans la capitalisation des connaissances.

L'un des aspects essentiels de la capitalisation des connaissances concerne le repérage, puis l'acquisition des savoirs et des savoir-faire à l'aide de modèles, en vue de les exploiter dans un processus de décision, comme l'a montré Zacklad dans [Zacklad, 01] ainsi que Grunstein dans [Grunstein, 95, 00, 03] sur la Figure 6.C2.

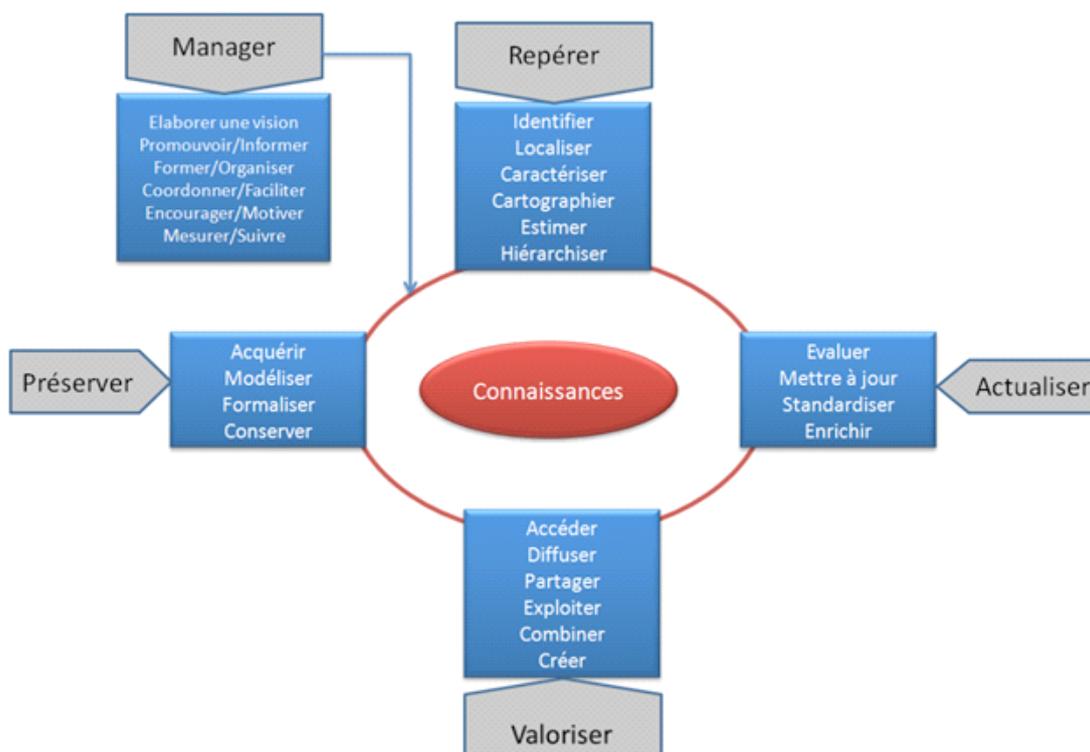


Figure 6.C2 : Problématique de capitalisation des connaissances

Différentes approches et méthodes élaborées en ingénierie des connaissances permettent d'étayer notre propos.

### 2.4.1 Méthodes issues de l'ingénierie des connaissances

Trois approches distinctes et complémentaires ont pu être mises en évidence :

1. une approche de modélisation descendante s'appuyant sur des modélisations préalables des connaissances,
2. une approche ascendante s'appuyant sur l'analyse d'informations semi-structurées, regroupées en corpus, pour constituer progressivement des connaissances nouvelles par induction, en utilisant notamment des outils de « data mining » ou « text mining »,
3. et une approche coopérative de construction progressive de connaissances peu formalisées.

C'est cette dernière approche que nous avons étudié plus spécifiquement.

#### 2.4.1.1 Approche descendante

Le principe général est la constitution de bases de données. Les méthodes MKSM développées par Ermine dans [Ermine, 96] puis MASK [Ermine, 01] entrent dans cette catégorie. Les principales applications de MKSM portent sur la capitalisation de savoirs ou de savoir-faire, la structuration de corpus documentaires ou scientifiques, ou encore la diffusion de connaissances provenant d'experts. Cette méthode repose sur deux hypothèses préalables qui constituent un outil d'exploration du système de connaissances, le microscope :

1. l'hypothèse sémiotique : le patrimoine de connaissances d'une organisation est un « objet » perçu comme un ensemble de « signes ». Chaque signe s'observe suivant trois niveaux : la manifestation du signe lui-même (la syntaxe), le signifié qui le désigne (la sémantique) et le signifiant qui donne le sens, ou contexte (le pragmatique).

Cette notion de sémantique ou sémiotique est une notion fondamentale pour nous.  
Nous verrons plus tard qu'elle fait partie intégrante d'une  
des trois instrumentations utilisées.

2. l'hypothèse systémique : le patrimoine de connaissances est un « système » au sens de Le Moigne dans [Le Moigne, 77] (« c'est un objet actif et stable, évoluant dans un

environnement, et par rapport à quelque finalité »). Le système est observé à l'aide de trois points de vue : un point de vue ontologique (sa structure, son être), un point de vue phénoménologique (sa fonction, ce qu'il fait) et un point de vue génétique (son évolution, son devenir).

La perception globale du patrimoine de connaissances résulte de la combinaison de ces deux hypothèses : le triangle systémique est appliqué à chaque sommet du triangle sémiotique Information – Signification – Contexte (Figure 7.C2). La modélisation des connaissances pour un domaine d'expertise particulier s'appuie sur ces neuf points de vue possibles.

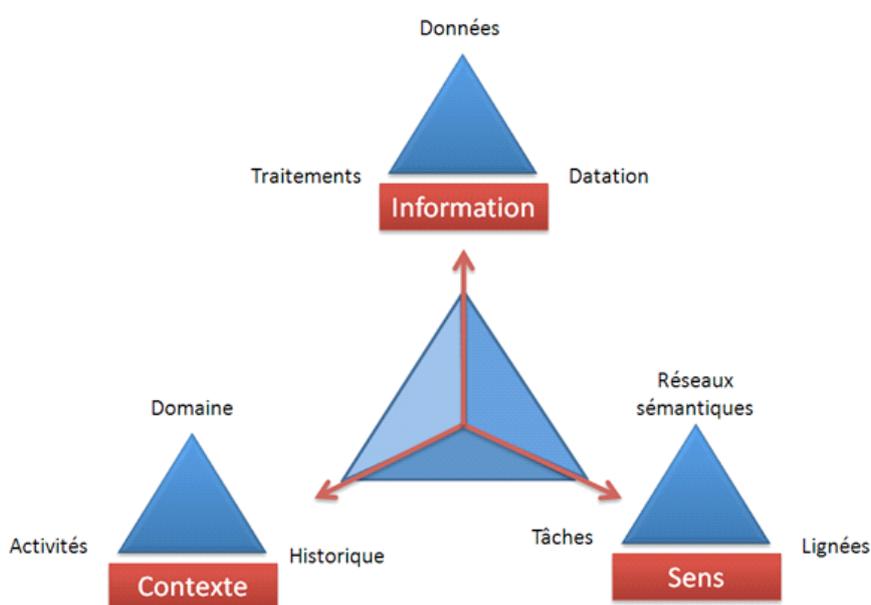


Figure 7.C2 : Macroscopie de la connaissance [Ermine, 01]

A partir de ces hypothèses, MKSM formule une démarche de capitalisation des connaissances qui intègre six de ces neuf points de vue. Elle comporte cinq phases de modélisation :

1. le modèle du « système de référence » qui permet de définir et de borner le champ de connaissances et de savoir-faire,
2. le modèle du « domaine » et le modèle « d'activité », qui permettent de décrire le contexte des connaissances : le premier par une représentation des processus et de leurs scénarios d'enchaînement, le second par une description fonctionnelle des activités et des flux d'information,

3. le modèle des « concepts » (connaissances statique) et le modèle des « tâches » (connaissance dynamique), qui décrivent explicitement les savoirs et savoir-faire et qui sont élaborés à partir de la méthode MOISE [Ermine, 93].

MASK prolonge MKSM et intègre les trois aspects d'évolution manquants :

4. un modèle de « l'historique » explicitant comment l'on en est arrivé à appréhender une connaissance donnée comme telle,
5. un modèle des « lignées » [Matta, 01] qui permet de matérialiser les différentes perceptions que l'on a attribué à une connaissance ou à un concept au cours du temps,
6. un mécanisme de « datation » associé au point de vue information.

Ces modèles rassemblés par Ermine dans [Ermine, 08] constituent les prémices d'une gestion à long terme des connaissances qui, en permettant d'analyser comment les connaissances d'un système évoluent, fourniraient les moyens d'anticiper ces évolutions pour favoriser la production de nouvelles connaissances destinées à supporter les innovations.

Cette démarche est particulièrement intéressante dans le cadre de nos travaux. Nous devons décrire les connaissances connues et prévoir une capitalisation à long terme permettant de formaliser au fur et à mesure de leurs découvertes les connaissances informelles qui n'ont pu être modélisées initialement.

#### 2.4.1.2 Approche ascendante

Les approches de ce type s'appuient sur des méthodes de recueil des connaissances et font appel à des outils d'interprétation permettant la modélisation à posteriori. Dans cette phase-là peuvent être exploitées des méthodes telles que KADS ou CommonKads développées par Schreiber dans [Schreiber, 94]. De nombreuses applications de type « Raisonnement à Base de Cas » de Caulier dans [Caulier, 97], et Simon dans [Simon, 97]) exploitent cette approche. La méthode KADS (Knowledge Acquisition and Design System - [Schreiber, 94]) propose une démarche destinée à définir l'ensemble du processus d'acquisition des connaissances, depuis l'organisation du domaine jusqu'à la mise en œuvre complète du système à base de connaissances. Plusieurs phases apparaissent : une phase d'analyse du domaine et des données, une phase de conception, et une phase d'implémentation. KADS propose plusieurs modèles génériques dont le modèle « d'expertise » donné par Wielinga dans [Wielinga, 93]. Ce modèle classe les connaissances en quatre niveaux : celui du domaine, celui des

inférences, celui des tâches et celui de la stratégie. De la même façon nous devons savoir pourquoi des décisions ont été prises, quels en ont été les effets, et quel a été le niveau de performance atteint. Nous pouvons donc envisager de formaliser par exemple : au premier niveau (« *domain knowledge* » - connaissances du domaine), au second niveau (« *inference knowledge* » - connaissances de type inférence), au troisième niveau (« *task knowledge* » - connaissances des tâches), et au niveau le plus haut (« *strategic knowledge* » - connaissances stratégiques). La méthodologie CommonKADS développée par De Hoog dans [De Hoog, 93] étend KADS par un ensemble de modèles génériques destinés à supporter la modélisation des connaissances. Glaser dans [Glaser, 96] définit l'approche CoMoMAS pour la modélisation de connaissances au sein d'un système multi-agent. A l'approche CommonKADS, il adjoint un ensemble de modèles conceptuels adaptés à ce type de systèmes, ainsi qu'un ensemble de méthodes pour l'acquisition de connaissances et leur réutilisation. Dans le cadre du projet ACACIA (Acquisition des Connaissances pour l'Assistance à la Conception par Interaction entre Agents), mené par l'INRIA, de nombreux travaux complémentaires ont été menés pour proposer des modèles, méthodes et outils logiciels développés par Dieng dans [Dieng, 96] et [Dieng, 98] pour la capitalisation des connaissances, en vue d'une exploitation sous forme de mémoire d'entreprise ou de système à base de connaissances.

Il est à noter qu'à aucun moment dans ces travaux, les acteurs n'ont à valider l'acquisition des connaissances générées. C'est un peu comme si à partir du moment où les connaissances avaient été identifiées, elles pouvaient être transférées d'un individu à un autre sans qu'un processus cognitif entre en jeu. Il nous semble que ces approches sont très intéressantes parce qu'elles fournissent quantité de modèles exploitables pour la description mais qu'elles pèchent par un manque de transposition lors des phases d'appropriation de la connaissance par les acteurs concernés.

#### 2.4.1.3 Approche coopérative

Les différents travaux cités, plus loin, se basent sur une approche sociale et coopérative s'appuyant sur le constat que les connaissances utiles aux entreprises relèvent du collectif : la connaissance s'élabore dans l'action d'après Weill dans [Weill-Fassina, 93]. En ce qui concerne la connaissance générée par « mémoire d'entreprise », Simon dans [Simon, 01] entend « *l'ensemble des connaissances d'une entreprise, ou d'une entité de l'entreprise, résultant de l'expérience et des acquis des personnes y travaillant* ». L'approche coopérative semble pertinente pour la mise en commun de savoirs de type experts, mais aussi comme

support à l'apprentissage organisationnel et au retour d'expérience. Euzenat dans [Euzenat, 95] élabore un environnement s'appuyant sur les techniques Internet et visant à conserver de la connaissance experte générée par obtention d'un consensus après des phases de propositions et de contre-propositions. Sur ce même principe, Gruber dans [Gruber, 92] propose l'environnement SHADE destiné à formaliser et à partager la connaissance relative au produit et à son évolution dans le cadre de la conception collaborative. La méthode REX développée par Malvache dans [Malvache, 93] au CEA, est basée sur l'analyse et l'identification des sources d'expérience. Karsenty quant à lui, dans [Karsenty, 96], propose une aide aux concepteurs, comme IBIS [Burgess-Yakemovic, 90], QOC [MacLean, 96] et [Lewkowicz, 00] qui s'intéresse à la structure logique des décisions ou le méta modèle DIPA [Zacklad, 01].

Ces exemples nous renforcent dans l'idée de construire un modèle de génération des connaissances évolutif, associé à un système d'informations collaboratif permettant aux acteurs de formaliser et de partager leurs connaissances. Il est une nouvelle fois à regretter que l'apprentissage de ces connaissances ait été passé sous silence.

## 2.5 Conclusion partielle

A travers les différentes approches de la capitalisation des connaissances, nous avons pu mettre en évidence les rapprochements, les divergences et les manques avec la volonté de génération de connaissance et la volonté de transmettre cette connaissance aux acteurs des différents services de l'entreprise. Que ce soient les approches descendantes comme MASK, les approches ascendantes comme KADS, elles répondent bien au besoin de pouvoir décrire les connaissances manipulées par les acteurs durant leurs activités, mais aussi de pouvoir établir les liens nécessaires pour décrire comment elles ont été obtenues, et dans quel but, ainsi que dans quel cadre méthodologique. Enfin, les approches coopératives montrent leur pertinence pour capitaliser des connaissances élaborées par un ensemble d'acteurs.

Nous pouvons conclure que le modèle que nous allons proposer devra faire la preuve de sa potentialité d'intégration de tous ces modèles et apporter une dimension cognitive particulièrement pertinente en ce qui concerne le transfert, la transposition des savoirs, des savoir-faire et de la connaissance pour en faire des compétences notionnelles et instrumentales. La richesse des travaux menés avant nous nous permet de poursuivre.

## 3. Etat de l'art sur la gestion de la connaissance

### 3.1 De la gestion de la connaissance

#### 3.1.1 Introduction

La gestion de la connaissance est considérée comme un des avantages compétitifs cruciaux pour une entreprise qui développe des nouveaux produits. Une littérature nombreuse, riche et variée en témoigne. Les travaux de [Grant, 96], [Hedlund, 93], [Prahalad, 90], [Prusak, 96], [Roth, 96], [Spender, 96], [Wiener, 61] permettent de se rendre compte de l'importance du sujet et des théories qui en résultent. Ceci est d'autant plus vrai si les entreprises parviennent à accroître, à diffuser, et à exploiter leurs connaissances internes comme l'ont montré Bierly et Szulanski dans [Bierly, 00], [Szulanski, 96], et si elles parviennent à protéger leurs connaissances de l'imitation par leurs concurrents [Liebeskind, 96]. De plus, si elles savent partager, transférer, et recevoir leur connaissance des partenaires commerciaux comme suggérés par Appeyard et Mowery dans [Appleyard, 96], [Mowery, 96], et si enfin elles sont en mesure d'utiliser différentes sources de connaissances provenant de sites différents les uns des autres, ces entreprises là peuvent se développer de façon pérenne. Almeida dans [Almeida, 96] le prouve.

Les pionniers de la question ont suivi différentes approches, en mettant l'accent sur les questions de technologie, sur les questions culturelles, structurelles et gestionnaires. Dans la recherche et dans le milieu industriel, deux stratégies principales ont été utilisées par Hansen et Kühn dans [Hansen, 99], [Kühn, 97] :

1. Une approche centrée « processus » utilise la gestion des connaissances comme processus de transmission sociale. Dans cette approche, la connaissance est liée spécifiquement à une personne qui l'a développée et est partagée par ses contacts proches. Cette approche permet d'aider les personnes à communiquer entre elles mais ne permet pas de stocker des informations. Cette approche est aussi appelée approche de « personnalisation ».
2. l'approche centrée sur le produit fait la part belle aux documents de la connaissance, leur création, le stockage et la réutilisation par des procédés informatisés. Cette approche est désignée par approche « centrée-contenu » ou « codification ».

Il semble que la technique la plus intéressante permettant une meilleure analyse du comportement, de la structure et de la fonctionnalité d'un organisme soit l'approche centrée « processus ». L'approche centrée « processus » tire ses fondamentaux des travaux de Bertalanffy dans [Bertalanffy, 69] et de Forrester dans [Forrester, 68]. Ces travaux théoriques ont appliqué l'approche systémique pour analyser les interdisciplinarités des organismes avec des points de vue sociologiques, psychologiques, des points de vue issus de l'ingénierie et de la physique. Ainsi ces efforts importants ont été récompensés par le déploiement de systèmes tel que le SADT (Structured Analysis and Design Technique) [Webster, 61].

Il convient alors maintenant de montrer les différences autour de plusieurs concepts trouvés dans la littérature. Différentes caractéristiques constituent la gestion de la connaissance. En effet, les informations, les connaissances, les compétences, et les capacités sont autant d'éléments différents et liés entre eux. Le concept de « chaîne de valeur de la connaissance » a été développé comme une approche nouvelle de ces concepts de base. Nous nous sommes basés pour cette partie sur les travaux menés à bien dans notre laboratoire par [Moradi, 08] et auxquels nous avons participé.

### **3.1.2 Le contexte de la gestion des connaissances**

On constate que la société s'est graduellement transformée en société de la connaissance écrivent Drucker et Toffler dans [Drucker, 92], [Toffler, 90]. La compétitivité des entreprises dépend de plus en plus de l'habileté à produire, transférer, utiliser et protéger la connaissance produite en interne, démontre Teece dans [Teece, 00]. Dans un monde où les marchés, les produits, les technologies, les concurrents, les lois et souvent les constructions sociales elles mêmes changent rapidement, une innovation continue basée sur la connaissance devient une source très importante d'avantages compétitifs majeurs. Par conséquent, dans une économie de plus en plus instable, la seule certitude palpable au sein des entreprises devient la connaissance, affirme Nonaka dans [Nonaka, 94].

Cette vision de la compétitivité soutenable par les entreprises incite à ce que les ressources intellectuelles deviennent des éléments structurels actifs de la stratégie globale de l'entreprise. Les sociétés capables de gérer le plus efficacement possible la connaissance proposeront à leurs clients des services et produits de plus en plus performants, réduisant ainsi les couts en personnel et infrastructure, améliorant aussi les prises de décisions, l'innovation, améliorant la réactivité des structures, permettant le développement rapide de nouvelles lignes de produits, répondant plus rapidement et de façon plus efficiente à la résolution de problèmes, et assurant

un transfert des meilleures pratiques de façon la plus efficace possible. Alavi dans [Alavi, 05] montre de multiples réussites basées sur une gestion de la connaissance efficace. Les multiples défis que les entreprises ont à relever les conduisent à développer différents cadres, méthodes, modèles, points de vue, stratégies et processus.

### **3.1.3 Les modèles de la gestion des connaissances et leurs cadres**

Un modèle est la représentation de la réalité. Casti dans [Casti, 97] définit une taxonomie de modèles qui inclut les modèles expérimentaux, logiques, mathématiques/computationnels, et théoriques. La plupart des modèles de la gestion des connaissances sont théoriques dans le sens où ils observent des systèmes imaginés ou des processus qui ont été développés pour observer des phénomènes. Les modèles théoriques sont basés sur des relations à base d'hypothèses possédant de multiples facteurs. Dans cette taxonomie, les modèles sont par catégorie des buts à atteindre :

1. Prédicatif. Ces modèles nous permettent de prévoir ce que sera le comportement du système observé.
2. Explicatif /descriptif. Ces modèles proposent des cadres dans lesquels les observations passées peuvent être comprises et interprétées comme une partie d'un processus plus général. Ces modèles sont aussi appelés « descriptifs » parce qu'ils proposent une description explicite pour capturer et organiser l'information.
3. Prescriptif. Ces modèles proposent une image du monde réel tel qui pourrait être si certains postulats (prescriptions) ou règles formelles axiomatiques de comportement étaient appliqués.

Une lecture attentive de la littérature montre plusieurs modèles de gestion de la connaissance descriptifs. Beaucoup de ces modèles ont été développés par des consultants pour l'amélioration de la gestion des connaissances interne ou externe de l'entreprise. Apostolou dans [Apostolou, 99] distingue quatre grands groupes de gestion de la connaissance : ceux centrés sur la génération de la connaissance, ceux centrés sur les procédés de la gestion de la connaissance, ceux centrés sur la technologie, et ceux qui sont holistiques au sens de Smuts [Smuts, 26]. Ils proposent des modèles dans chaque groupe. Le modèle développé par Nonaka dans [Nonaka, 95] ainsi que le cadre proposé par Léonard dans [Leonard, 95] font partie du groupe dit « de la génération des connaissances ». Le groupe « processus de la connaissance » inclut les modèles [APQC, 00] comme ceux de [Romhardt, 97]. Dans le cadre de la gestion des connaissances chez IBM développée par Huang dans [Huang, 97], les objectifs premiers

qui ont été mis en avant au travers de la gestion des connaissances sont : l'innovation, la réactivité, la productivité et la compétence. Les cadres holistiques mettent l'accent sur la nature interdisciplinaire de la gestion des connaissances et comprennent expressément la technologie, les procédés, les structures et les dimensions culturelles. En se basant sur l'analyse et l'adaptation des cadres de formalisation, [Apostolou, 99] a adopté un système de gestion de la connaissance composé de six éléments : le contexte, les objectifs, la stratégie, la culture, les processus de gestion de la connaissance, et les structures technologiques et organisationnelles. C'est à partir de ces études que l'ensemble de la mise en œuvre de notre stratégie de gestion de la connaissance a été développée. Ce système peut ainsi être employé pour effectuer une analyse comparative des efforts à produire en vue d'une meilleure gestion de la connaissance.

### **3.1.4 De la gestion de la connaissance en général**

La gestion des connaissances est basée sur la capitalisation des connaissances permettant d'aborder la dialectique entre des métiers traditionnels et les apports extérieurs, les innovations. Elle constitue l'ensemble des méthodes et outils visant à rechercher, conserver et gérer des savoir-faire et des connaissances, en utilisant une architecture informatique comme support structurel. Dans ce qui suit, nous présentons la définition et objectifs de la gestion des connaissances, ainsi que le processus possible pour la capitalisation des connaissances.

#### *3.1.4.1 Définition et objectifs*

Définir la « Gestion des connaissances », est difficile car nous devons faire appel à deux notions abstraites : la « Gestion » et les « Connaissances » qui ne peuvent donner naissance qu'à un concept lui-même abstrait. En effet, « Gérer » n'est pas produire et correspond à des tâches d'organisation, et « Connaissance » n'est pas l'information mais se rapproche plus du savoir-faire au sens classique. Tisseyre dans [Tisseyre, 99] définit la « gestion des connaissances » comme « la gestion consciente, coordonnée et opérationnelle de l'ensemble des informations, connaissances et savoir-faire des membres d'une organisation au service de cette organisation ». Ce qui introduit trois points essentiels

1. La prise de conscience : il faut que les membres de l'organisation ou du groupe aient une conscience mutuelle à travailler ensemble et à partager des connaissances. Ceci introduit la notion d'« awareness » ou « conscience » qui facilite la coordination implicite [Simon, 01].

2. La coordination : la gestion des connaissances vise à ce que l'ensemble des membres d'une organisation travaille de la même manière, tournés vers les mêmes objectifs en partageant le maximum d'informations, de connaissances et de savoir-faire.
3. Résultat opérationnel attendu : l'objectif de la gestion des connaissances est d'avoir des résultats concrets sur lesquels on puisse compter pour développer son activité, ce qui impose de faire des calculs de retour sur investissement afin de démontrer la fiabilité de la solution. L'objectif principal de la gestion des connaissances est de formaliser les connaissances tacites afin de les rendre mobilisables et opérationnelles au niveau de l'organisation toute entière [Boughzala, 06].

Il s'agit aussi de créer les conditions propices à la création des connaissances nouvelles. Selon [Grundstein, 03], la gestion de la connaissance englobe trois composantes essentielles :

1. Favoriser les processus organisationnels permettant d'amplifier les connaissances individuelles et de les cristalliser au niveau collectif. Ce travail constitue la capitalisation des connaissances, qui a pour objectif de répondre à la problématique de la gestion des connaissances à travers les étapes suivantes :
  - a. repérage des connaissances stratégiques ;
  - b. préservation et modélisation ;
  - c. valorisation au sein des acteurs de l'entreprise susceptibles d'être intéressés ;
  - d. mise à jour de ces connaissances et repérage de nouvelles connaissances stratégiques.
2. Développer les actions de revitalisation des connaissances tacites (data-mining, text-mining, knowledge discovery, intelligent agent, etc.), encourager le retour d'expérience (REX, case based reasoning) afin d'organiser la mémoire organisationnelle.
3. Rendre les connaissances compréhensibles par tous en s'appuyant sur une ontologie des connaissances en utilisant des technologies comme l'Internet et le Groupware.

#### *3.1.4.2 Capitalisation des connaissances*

Selon Grundstein dans [Grundstein, 03], capitaliser les connaissances de l'organisation c'est considérer les connaissances utilisées et produites par l'entreprise comme un ensemble de richesses constituant un capital, et en tirer des intérêts contribuant à augmenter la valeur de ce capital. Selon le même auteur, la capitalisation des connaissances est la cinquième étape de la problématique de la gestion des connaissances. Le processus de capitalisation des

connaissances comporte plusieurs étapes centrées sur la notion de connaissances stratégiques. Le repérage des connaissances ou l'identification des ressources (savoir et savoir-faire) consiste à les identifier, les localiser, les caractériser et les hiérarchiser. Une fois la phase de repérage finie, il est nécessaire de les préserver, les modéliser, les formaliser et les archiver. Ceci permet leur accès par l'ensemble des membres de l'entreprise, leur diffusion, leur exploitation et leur combinaison dans le but de créer de nouvelles connaissances. Enfin, il faudrait constamment actualiser ces connaissances, les mettre à jour, les enrichir en favorisant le retour d'expérience. L'ensemble de ces étapes confère à la gestion des connaissances son aspect dynamique et non statique. Pour chacune de ces étapes, il existe un certain nombre de méthodes, outils, produits informatiques à côté ou en remplacement de techniques manuelles plus traditionnelles.

### **3.1.5 De la gestion de la connaissance en particulier**

Après la présentation de plusieurs systèmes, modèles et cadres de gestion de la connaissance, il apparaît un manque certain, à savoir : la gestion de la connaissance envisagée comme processus de la chaîne de valeur ajoutée. Holsapple dans [Holsapple, 04] a développé une chaîne de valeur ajoutée pour le processus de gestion de la connaissance intégrant les procédés et les activités. Lee dans [Lee, 00] a proposé une chaîne de valeur de la connaissance pour toute l'activité de gestion de la connaissance. Ces travaux sont cependant très théoriques et centrés sur les activités d'un organisme. Ils proposent une vue macroscopique de la connaissance dans sa dimension globale. Nous supposons à partir de leurs travaux que le point de vue sémantique de la gestion des connaissances change de nature, de contenus et de contexte lors du processus de transformation des données primaires en sagesse et savoir plus global. En plus, la transformation des données en capacités doit être liée aux résultats escomptés sans un lien identifié, délibéré et systématique. En effet il y a toujours un risque non évalué et non apprécié au cours d'une création naturelle basée sur les phénomènes d'opportunité. Dans cette chaîne de valeur de la connaissance, notre objectif est d'évaluer le mieux possible les connaissances créées et le processus qui mène à la connaissance globale ou sagesse. C'est pour cela que dans un deuxième temps nous proposerons un cadre conceptuel dans lequel nous pourrions retrouver les bases sémantiques de tous les concepts systématiquement et méthodologiquement.

Nous croyons qu'il est important de clarifier notre approche, tant sur le plan sémantique que sur les différentes phases de transformations des données au cours de la génération des connaissances, de la gestion des connaissances.

### **3.1.6 Chaîne de valeur de la génération de la connaissance (VCKC)**

Cette partie a été élaborée grâce aux travaux de [Moradi, 08] dans lesquels des éléments précurseurs de notre modèle ont été intégrés. La chaîne de valeur de la connaissance comprend les éléments fondamentaux de la chaîne de Porter issus de ses travaux [Porter, 85] au niveau des valeurs sémantiques, des valeurs des activités, et la sortie en tant que marge finale permettant d'envisager un rendement de la connaissance. Ces composantes et activités de traitement sont les éléments par lesquels une société met à disposition un produit ou fournit un service à ses clients. Le rendement de la connaissance peut être mesuré suivant deux catégories distinctes. La première est le rendement financier. Cependant, les estimations financières telles que les bénéfices sont particulièrement difficiles à prendre en compte dans une activité de gestion de la connaissance. La deuxième est la mesure du rendement des bénéfices de l'apprentissage. La mesure de rendement opérationnel comprend les délais, la satisfaction du client, et la productivité des employés. La mesure de l'apprentissage implique la prise en compte du nombre des acteurs, des participants à une communauté de pratiques, des employés formés et des clients susceptibles d'intervenir dans le processus de génération des connaissances. Comme l'a montré Nonaka dans [Nonaka, 94] le résultat final du procédé de génération de la connaissance est l'innovation générale, nous préférons employer la génération de la connaissance pour l'impliquer dans un processus de valeur ajoutée. S'il existe un bon processus de génération des connaissances sans lien avec les processus de production et de conception les plus efficaces, ce sera un processus peu efficient. C'est la raison pour laquelle nous expliquons le processus de caractérisation menant de l'extraction des données issues de la réalité à la métacognition collective en tant que capacité générale intégrée. La Figure 8.C2 montre les différentes parties de la chaîne de valeur.

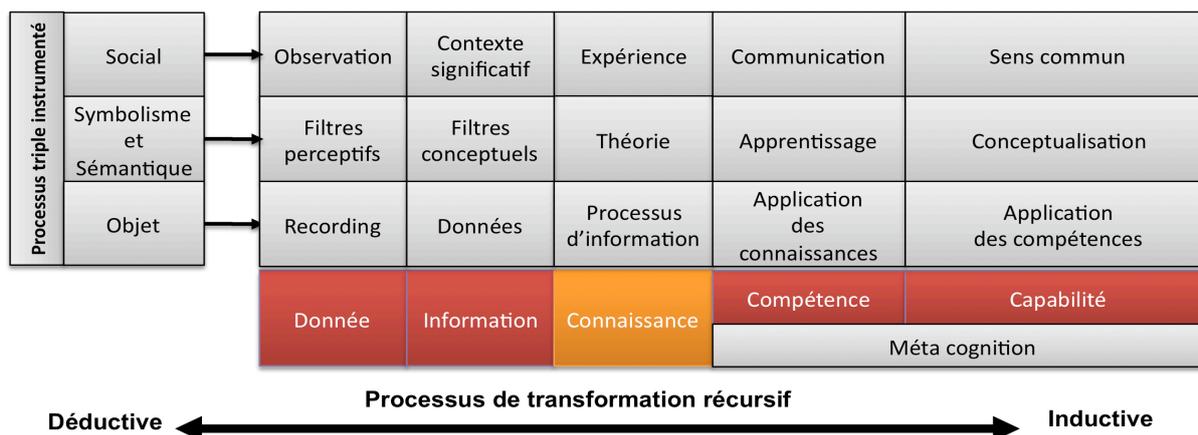


Figure 8.C2 : Chaîne de valeur de la génération des connaissances

### 3.1.7 Composants de la chaîne de valeur

Nous tenons à montrer de façon plus précise, l'introduction de trois facteurs caractérisant la décomposition des processus de génération des connaissances. En effet dans la partie supérieure de la Figure 8.C2, nous pouvons voir une différenciation en trois facteurs distincts des processus de génération de connaissances. Les facteurs sémantiques, sociaux, et objet montrent l'importance d'une différenciation systémique positionnée très tôt dans le processus. Nous donnons des explications plus détaillées dans le Chapitre 3 sur la notion de « triple instrumentation ».

Plusieurs auteurs ont essayé de distinguer les caractéristiques, des informations ou données brutes, et la méta cognition menant au concept de sagesse (au sens de savoir absolu sur toute chose). Certains auteurs comme [Ackoff, 89] ont essayé de distinguer les caractéristiques, de l'information, de la connaissance, de la sagesse individuelle comme compétence individuelle ou compétence collective, de la sagesse collective comme capacité [Caillaud, 00].

**Les Données :** Une donnée d'après Boughzala, peut être définie comme «Toute représentation à laquelle une signification peut être attachée» [Boughzala, 06]. Mélése dans [Mélése, 90] explicite la notion de donnée en précisant qu'il s'agit de «l'enregistrement dans un code convenu par un groupe social, de la mesure ou du repérage de certains attributs d'un objet ou d'un événement". Une donnée peut être qualitative ou quantitative. Elle ne contient pas d'intention ou de projet, ce qui lui confère son caractère d'objectivité. Mais, à la différence de l'information selon Simon [Simon, 84], la donnée n'a pas de sens en elle-même. C'est seulement en donnant un sens à cette donnée que l'individu possède une information qui lui permet de dire «qu'il sait», «qu'il a retenu» quelque chose [Durand, 00].

Les données sont définies [Vernadat, 96] en tant que quelque chose donnée, accordée, ou admise par tous ; des éléments sur lesquels quelque chose peut être discuté ou permettant une implication. D'autres ont argué du fait que les données sont des faits «garantis vrais» qui sont la matière première des éléments évolués [Davis, 85]. Les données sont des représentations dont les significations dépendent du système de représentation (i.e. symboles, langage, etc.) utilisé. Par exemple, les données «1001» sont sans signification à moins que l'application de sa signification particulière soit impliquée ou connue. Comparer ce concept à la taxonomie de Bloom, on montre très facilement que ces données sont de «Niveau 1» (mémorisation) et qu'elles servent à augmenter les performances d'une technique cognitive [Bloom, 56]. Par exemple, posséder suffisamment de données pour être en mesure de définir le mot «industrie». Par conséquent, nous définissons des données en tant que faits validés et parfois crus, et capable d'accumuler les faits [Bierly, 00].

**Les informations.** L'information est donc une collection de données organisées pour donner forme à un message le plus souvent sous forme visible, imagée, écrite ou orale, de telle sorte à réduire une incertitude et transmettre quelque chose qui déclenche une action [Simon, 83]. Selon Bateson [Bateson, 73] «L'information produit un nouveau point de vue sur des événements ou des objets, qui rend visible ce qui était invisible». Pour distinguer l'information de la donnée, Le Moigne [Le Moigne, 90] se fonde sur la notion de moment. Une information est de moment 1 (information primaire) lorsqu'elle n'a subi aucun traitement logique ou arithmétique après sa création. Elle est de moment n lorsqu'elle a subi n traitements (consolidation, combinaison associative ou corrélative). Le Moigne considère que les données sont de moment 1 et les informations de moment supérieur à 1.

L'information est définie par Vernadat dans [Vernadat, 96], comme une représentation, une esquisse, un croquis, pour donner une forme générale. Elle est composée des données qui ont été transformées, et qui sont significatives pour le bénéficiaire. Elle a une valeur réelle ou perçue dans des actions ou des décisions actuelles ou estimatives [Davis, 85]. La signification donnée est en partie déterminée par la connaissance existante du récepteur. Les bases de la signification transférées dans n'importe quelle acte de transmission sont fonction du champ d'expérience commun entre l'émetteur et le récepteur. L'acquisition d'informations représente le niveau 2 [Bloom, 56] (compréhension) et le niveau 3 (application) dans l'augmentation de la connaissance parce qu'il est en mesure de saisir la signification d'une notion et de l'employer dans une nouvelle situation concrète. Par exemple, avoir l'information

pour être en mesure de décrire la signification du mot «industrie» et de classer les entreprises par catégorie d'industries. Par conséquent, nous définissons l'information comme significative, utile, et permettant de donner des explications (notre second niveau de l'apprentissage) en tant que processus de mise en forme des données [Bierly, 00].

Les informations peuvent être envisagées sous deux aspects : syntactique (en structure ou volume) et sémantique (signification ou sens) [Nonaka, 94]. Une illustration de l'information syntactique est trouvée dans l'analyse de [Schannon et al, 49] concernant le flux d'informations mesurée sans aucun respect de la signification première. L'aspect sémantique de l'information est plus important pour la génération de la connaissance, parce qu'il se concentre sur la signification.

**La connaissance :** Le grand dictionnaire terminologique définit le terme connaissance en Informatique comme l'«ensemble de faits, événements, règles d'inférence et heuristiques permettant à un programme de fonctionner intelligemment». La connaissance implique forcément l'homme «porteur» car elle est inséparable du sujet porteur. En Intelligence Artificielle, on distingue généralement la connaissance et le raisonnement. Les questions liées à la connaissance sont celles de son acquisition «apprentissage», de sa représentation et de son utilisation «raisonnement». Contrairement à l'information, la connaissance est à la fois mémoire et processus de construction d'une représentation résultant d'une acquisition d'information et d'une action.

La connaissance est définie [Webster, 61] comme une perception claire et certaine de quelque chose ; les actes, les faits, ou l'état de la compréhension.

La connaissance concerne deux notions, celle qui est issue généralement de la connaissance tacite et la connaissance issue d'un système explicite [Grant, 96]. Acquérir des connaissances représente [Bloom, 56] le niveau 4 (analyse) et le niveau 5 (synthèse) dans un système d'augmentation du niveau de connaissance parce qu'il permet le dépassement des niveaux précédents en étant en mesure de montrer la forme globale structurelle d'une entité et en étant en mesure de mettre en œuvre des nouvelles structures basées sur lui-même. C'est un système qui est à la fois créé et créatif. Par exemple, connaître et recenser les éléments principaux de l'isomorphisme industriel permet de préparer ses implications dans une stratégie compétitive.

La connaissance est définie comme opinion justifiée qui augmente la capacité d'une entité pour l'action effective [Nonaka, 94]. La connaissance peut être vue de plusieurs points de vue (1) un état d'esprit, (2) un objectif, (3) un procédé, (4) une condition d'accès à l'information, ou (5) une capacité.

Une autre approche pose pour principe que la connaissance peut être vue de deux façons différentes : social/individuel et explicite/implicite [Nonaka, 94], [Spender, 96].

Grâce à ces définitions larges de la connaissance, [Firestone, 01] propose un cadre pour définir la connaissance basée sur la notion des trois mondes de Popper et, à notre avis, c'est une définition cohérente avec la définition de la connaissance comme une succession de données, significations, et mises en pratique [Spender, 96]:

1. Le monde 1 de la connaissance : structures codées dans les systèmes matériels (tel que le codage de l'ADN) cela permet aux objets de s'adapter à leur environnement ; la connaissance est alors envisagée comme données.
2. Le monde 2 de la connaissance : opinion ou croyance validée (en esprit) au sujet du monde, le beau, et le juste ; la connaissance est ici abordée comme signification.
3. Le monde 3 de la connaissance : formulations linguistiques validées au sujet du monde, le beau et le juste ; la connaissance est appréhendée comme une pratique.

**La sagesse ou méta cognition.** La métacognition est définie [Webster, 61] comme la faculté de mettre en œuvre la meilleure utilisation possible de la connaissance, de l'expérience, et la compréhension par l'exercice du jugement cohérent. Aborder la sagesse représente [Bloom, 56] "le niveau 6" (évaluation) de l'augmentation cognitive parce qu'elle dépasse les niveaux précédents en étant en mesure d'effectuer des jugements de valeur conscients basés sur des critères bien définis. La métacognition est un concept d'action orientée, adaptée à la connaissance structurelle au cours d'une planification d'activités, de prises de décisions et leurs implémentations. Par conséquent, nous définissons la sagesse comme une habileté à la meilleure utilisation de la connaissance pour établir et atteindre des buts désirés.

**Compétences / Expertise (Méta connaissance individuelle).** La compétence est une condition normalisée pour qu'une personne effectue correctement une fonction particulière. Nous développons dans la section suivante cette notion de compétence de façon plus détaillée. Elle englobe une combinaison de connaissances, de qualifications et de comportements, tous utilisés pour améliorer le rendement. Plus généralement, la compétence est la condition ou la

qualité de devenir convenable ou compétent en ayant l'habileté dans l'exécution d'un rôle particulier. Par exemple, la compétence de management met en évidence les capacités à penser les systèmes, ainsi que des capacités dans la négociation. Une personne possède une compétence tant que les qualifications, les habiletés, et la connaissance qui constituent cette compétence font partie de lui, permettant à la personne d'exécuter l'action effective demandée dans un certain environnement de travail. Par conséquent, on ne peut pas éliminer une connaissance, une technique, ou une habileté, mais on peut éliminer une compétence si ce qui est nécessaire pour l'exécuter n'est pas réuni. L'expertise est une caractéristique individuelle et une conséquence de la capacité d'adaptation, de l'individu, à différents milieux physiques et sociaux. Prahalad dans [Prahalad, 90] définit la compétence comme le fondement de la compétitivité. Alors, la compétence peut être définie en tant que mobilité, intégration et transfert individuels de la connaissance et de la capacité afin d'obtenir les résultats escomptés.

**Capacité.** La capacité est l'habileté à exécuter une action. En termes d'acteurs au sein de l'entreprise, la capacité est la somme des compétences et des capacités potentiellement source de réalisation. Nous considérons la capacité comme le plus haut niveau de compétence. [Grant, 96] voit la capacité comme le résultat de l'intégration de la connaissance dans des activités productives. Rendre ainsi exécutable et rentable la compétence permettra une génération d'un faisceau de connaissances et des capacités dynamiques pour l'entreprise. La capacité est ainsi dotée d'une valeur nettement supérieure à toutes les autres ressources possibles au sein de l'entreprise. Il n'est pas dans notre propos de dire que les autres ressources sont défailtantes mais juste de nommer de façon plus précise, celle qui à nos yeux est fondamentale au bon déroulement des opérations.

Dans un contexte théorique, la capacité ou capabilité sont définies comme une capacité d'absorption [Cohen, 90] (la capacité à assimiler des nouvelles connaissances extérieures), capacité combinatoire [Kogut, 92] (la capacité à agréger les connaissances actuelles internes), capacité dynamique [Teece, 97], faisceau de compétences [Prahalad, 90], apprentissage organisationnel [Huber, 91], et agilité [Michaels, 06].

### **3.1.8 Composants de la transformation / Traitement des données, des informations, des connaissances**

Le processus de transformation des activités de support dans la chaîne de valeur de la génération de la connaissance est divisé en deux catégories principales: la première catégorie est réelle et objective. Elle peut être réalisée par l'être humain et le raisonnement peut être

automatisé. La deuxième catégorie va de l'information et de la connaissance explicite jusqu'à la capacité. Dans cette catégorie, l'existence de l'être humain est primordiale et, de par sa nature, elle est intangible, subjective. Ainsi le rôle de la technologie de l'information devient l'élément principal.

**De la réalité aux données.** Comme nous l'avons expliqué plus haut, les données sont les matières premières accumulées par une personne ou une observation automatisée. Ce sont des entités syntactiques comme les codes, les faits, les images, les sons, les symboles discrets ou déstructurés, les morceaux de matières premières choisis parmi des événements particuliers, des fragments de la réalité, ou des phénomènes perçus à travers des filtres, des observations hors du contexte, des enregistrements et des stockages. La collation de ces données permet la constitution de banques de données. Ces différentes données font partie d'une énorme masse qui va, dans un futur proche, permettre la résolution de problèmes et la prise de décision adéquate.

**Des données à l'information.** Il est maintenant accepté qu'une information est une donnée dans un contexte avec une signification. Le traitement des données tel que leur interprétation, leur représentation, leur manipulation, leur organisation et leur analyse donne forme et fonction aux données. Les filtres conceptuels, le contexte dans lequel se fait la signification, la pertinence, et le but sont les principales transformations des données qui vont aboutir à produire de l'information. Bien que la collecte des données et leur positionnement dans un contexte significatif permettent de réduire une incertitude dans la résolution des problèmes et la prise de décision, il est à noter que la surcharge d'informations risque de perturber la compréhension de l'acteur. Il est alors préférable de réduire cette complexité en rendant le contexte plus simple.

**De l'information à la connaissance.** La claire compréhension d'une information est l'objectif qui nous amène tout naturellement vers la connaissance. La compréhension, la réalisation, la modélisation, la perspicacité, l'authentification, l'application, le contrôle, l'affinage et l'utilisation forment la base des activités de transformation vers la génération des connaissances. L'information traitée, les expériences, et les théories dans un contexte sémantique identifié sont le plus haut niveau de la connaissance. Dans cette perspective, nous considérons la connaissance comme une association entre la connaissance tacite et explicite. Hélas, nous sommes en face de deux problèmes différents. Pour décrire comment la connaissance est similaire ou différente de l'information, Nonaka dans [Nonaka, 95] propose

trois observations. Tout d'abord, la connaissance, à la différence de l'information, est un sujet d'opinion et d'engagement. La connaissance est une orientation, un point de vue, ou une intention particulière. En second lieu, la connaissance, à la différence de l'information, est au sujet d'action. Troisièmement, la connaissance, comme l'information, est sujet à interprétation. Elle est dans contexte particulier. Alors, la connaissance est constituée d'un sujet de contenu, de contexte, et d'intention.

**De la connaissance à la compétence.** Produire de la connaissance par la pratique, par une action est un procédé de réflexion qui mène les acteurs vers plus de compétences. Si la compétence est définie en tant que conseil rapide, juste et précis, permettant de donner une explication et une justification de résultats par un raisonnement, elle permet aussi la prise de décisions. Ainsi l'activité de transformation permet une adaptation aux environnements grâce à l'intuition et l'expérience, l'apprentissage, la mémorisation. Nous avons établi trois chemins menant à la sagesse ou à la métacognition individuelle : expérience, spiritualité, et passion [Bierly, 00]. La sagesse est en partie acquise au moyen de tests et d'erreurs journaliers. Nous tentons tous de devenir plus sages mais nous n'y parvenons pas tous en même temps ni de la même façon.

**De la compétence à la capacité.** La conceptualisation, l'intégration, la conduite et la distribution des compétences et la compétence des personnes dans l'entreprise mènent à la capacité. Pour faire cela, des outils de diffusion doivent être utilisés pour transférer des valeurs et buts recherchés à ceux chargés de la mise en réalité. Trois points importants apparaissent pour permettre la transformation du potentiel des individus vers la capacité : posséder une idée de la direction transformationnelle, posséder une culture et structure organisationnelle cohérente, et être capable d'être un des acteurs du transfert de la connaissance [Bierly, 00].

**De la Chaîne de Valeur vers le Résultat attendu.** Une gestion délibérée et consciente de la chaîne de valeur de la connaissance mène assurément vers une efficacité plus grande de l'entreprise. Il en résulte une innovation plus rapide [Nonaka, 94], une efficacité, un rendement, et une performance de la société. Cette gestion améliorera la réactivité de l'entreprise, produira de l'avantage compétitif, aura pour conséquence une augmentation de la richesse économique pour le plus grand bénéfice des actionnaires et des employés.

### 3.1.9 Nature réursive de la Chaîne de Valeur des Connaissances

La connaissance peut être transformée en information par l'intermédiaire du processus de transformation des données, sous la forme de pratiques ou de documents. L'information est convertie en connaissance une fois qu'elle est traitée et la connaissance devient l'information lorsqu'elle est articulée et présentée sous forme de texte, de dessins, de mots, ou d'autres formes symboliques [Alavi, 01]. Pour que ceci ait une implication significative, il faut que les personnes possèdent la même compréhension des données ou informations, et qu'elles partagent une même base de connaissances minimales. Une autre implication importante de cette définition de la connaissance est que les systèmes conçus pour supporter la connaissance dans l'entreprise peuvent ne pas sembler radicalement différents d'autres formes des systèmes d'information. Ainsi il sera primordial d'adapter notre système pour permettre à ses usagers une bonne compréhension de la signification d'une information et de capter une partie de leurs connaissances générées. C'est pour cela que nous avons mis au point un descripteur simple des connaissances générées (voir Chapitre 4).

**Raisonnement inductif et déductif.** Le raisonnement déductif est utilisé pour développer empiriquement de la connaissance conceptuelle ainsi que de la capacité. Ceci est montré, par exemple, dans la conservation de la connaissance comme procédé d'externalisation [Nonaka, 95].

**Cadre :** de la connaissance à l'information. Les acteurs engagés dans la production de connaissances doivent bâtir une transformation permettant le changement de la connaissance en information. De cette façon, les organismes s'adaptent à leur environnement politique et stratégique [Michaels, 06]. Le développement des stratégies de génération des connaissances est mis en place par une communauté d'acteurs à condition que la mise en œuvre se produise dans les différents secteurs. L'espérance de la mise en application aura lieu dans un développement collectif et cohérent des différentes stratégies des différents secteurs d'activités.

**Systématiser :** de l'information aux données. La première activité de création des données provenant de l'information est de vérifier ce qui est compréhensible après analyse systématique. Ceci peut déboucher sur un reclassement de l'information, sur le développement d'une organisation de la gestion des données, sur la création d'un système de maintenance des données produites qui pourront être centralisées ou décentralisées, internalisées ou externalisées [Michaels, 06].

### 3.1.10 Quelques implications

#### 3.1.10.1 La gestion de la Chaîne de Valeur.

Quelle est la relation entre la gestion de la connaissance et la gestion des données ?

Ainsi, la gestion des données permet la mémorisation, alors que le management de l'information mène à la compréhension. La gestion des connaissances aboutit à la compréhension dans l'entreprise, alors que le management des compétences a comme conséquence l'innovation. Enfin, le management de capacité aboutit à améliorer la réussite pour l'entreprise et ainsi permet l'obtention d'un rendement supérieur et d'une richesse générale bien supérieure. Le Figure 9.C2 récapitule les différents aspects de la chaîne de valeur de la connaissance et ses implications en termes de gestion.



Figure 9.C2 : Gestion de la Chaîne de Valeur des connaissances

#### 3.1.10.2 La Chaîne de Valeur et la stratégie.

Au regard de la stratégie de la création et de la gestion des connaissances, nous savons que les données, l'information sont des éléments facilement transférables et permettant une appropriation facilitée. Au contraire, la connaissance tacite dont font partie les compétences et les capacités et capabilités peuvent seulement être observées au travers de leurs applications. Leur transfert est lent, coûteux et incertain.

Cette différence provoque différentes stratégies possibles. La stratégie compétitive la plus appropriée est la codification [Hansen, 99]. C'est ainsi que l'on a vu le développement des systèmes de codification des documents permettant leur stockage, leur dissémination et leur réutilisation. Cette stratégie est basée sur des ressources existantes ainsi que sur l'exploitation [March, 91] des éléments dynamiques nouveaux entraînant une actualisation. Cette exploitation aboutit à la production de valeur par la réutilisation des ressources. En matière de

transparence [Russ, 06], il faut entendre, la somme des efforts pour que les connaissances soient rendues exploitables et publiques. Le processus de gestion de la connaissance est une combinaison au niveau de l'intériorisation de la connaissance [Nonaka, 95].

Au contraire, la stratégie compétitive la plus appropriée pour les connaissances tacites consiste à une personnalisation par le développement des réseaux interpersonnels permettant des échanges naturels d'éléments tacites. Cependant, la nature même de cette stratégie explore de nouvelles connaissances et cela mène à plus de créativité et d'innovation. Le processus de gestion de la connaissance est ici une combinaison entre socialisation et externalisation. La Figure 10.C2 montre les relations entre ces différentes stratégies et la génération de valeur à base des connaissances.

KM Processus	Combinaison, internalisation		Socialisation, externalisation			
Transparence	Transparent		Dissimulation			
Résultat	Réutilisation		Innovation			
Nature de la stratégie	Exploitation		Exploration			
Nature compétitive	Codification		Personnalisation			
Chaîne de valeur	Données	Information	Explicite	Tacite	Compétence	Capabilité
			Connaissance		Sagesse ou méta cognition	

Figure 10.C2 : La Chaîne de Valeur des Connaissances et les stratégies.

### 3.2 Conclusion partielle

Trois principaux points apparaissent :

1. Beaucoup d'importance est accordée à comprendre la différence entre données, informations, connaissances. Les implications ne sont pas les mêmes pour chacune de ces définitions.
2. La connaissance est personnalisée, individualisée, nous pourrions même aller jusqu'à individuée. C'est pour cela qu'elle a besoin d'être décodée dans des langages perceptibles par une même communauté identifiée.
3. Nous avons identifié une accumulation d'informations parcellaires ; ce qui rend utile et impérieux le besoin de garder, de structurer, de mémoriser afin de partager cette

somme d'éléments tous différents les uns des autres mais complètement liés les uns aux autres.

Nous poursuivons notre tour d'horizon de la gestion de la connaissance par une étude de la littérature plus spécifiquement axée sur l'opérationnalisation de cette gestion.

### **3.3 Gestion et organisation d'une mémoire organisationnelle**

Le processus de gestion de connaissances d'une organisation s'articule principalement autour de trois points-clés : capitalisation, partage et création [Ermine, 00]. La capitalisation vise à savoir d'où l'on vient, savoir où l'on est, pour mieux savoir où l'on va, c'est-à-dire recenser l'actif immatériel que représente le savoir et savoir-faire de chacun des acteurs de l'organisation considérée. Le partage consiste à passer de l'intelligence individuelle à l'intelligence collective. Enfin, la création consiste à innover pour survivre. La mise en œuvre d'un tel processus repose souvent sur l'élaboration d'une Mémoire d'Organisation (MO).

#### **3.3.1 Mémoire Organisationnelle**

La gestion des connaissances implique la gestion de trois composantes : la capitalisation des connaissances, les ontologies et la mémoire organisationnelle. Dans cette section, nous nous intéressons à la notion de mémoire organisationnelle, à savoir ce que l'on entend par ce concept, les besoins en mémoire organisationnelle, sa typologie et la façon de la gérer.

##### *3.3.1.1 Définitions*

Une mémoire d'organisation se définit comme "la représentation explicite et persistante des connaissances d'une organisation" [Van Heijst, 96] ou comme « l'ensemble des données collectives et des ressources de connaissances d'une entreprise » [Muller, 97]. La construction d'une mémoire organisationnelle repose sur la volonté de « préserver, afin de réutiliser les raisonnements, les comportements, les connaissances, même en leurs contradictions et dans toute leur variété » [Pomian, 96]. Le processus de capitalisation des connaissances permet de réutiliser, de façon pertinente, les connaissances d'un domaine donné, précédemment stockées et modélisées, afin d'accomplir de nouvelles tâches [Simon, 97]. Le but est de "localiser et rendre visible les connaissances de l'entreprise, être capable de les conserver, y accéder et les actualiser, savoir comment les diffuser et mieux les utiliser, les mettre en synergie et les valoriser" [Grundstein, 95]. La mémoire d'organisation vise à "caractériser un système qui inclurait les données concernant l'entreprise, les archives, son passé technique, financier,

légal, donnant par là une image fidèle de son histoire" [Dieng, 98]. De manière pratique, une mémoire d'organisation est "une représentation explicite, désincarnée et persistante des connaissances et des informations dans une organisation permettant de faciliter leur accès et leur réutilisation par les membres adéquats de l'organisation pour leur tâche" [Dieng, 98].

Les motivations de la capitalisation des connaissances peuvent être diverses :

1. Eviter la perte de savoir-faire d'un spécialiste après sa retraite ou sa mutation ;
2. Exploiter l'expérience acquise des projets passés, et conserver les leçons du passé, afin d'éviter de reproduire certaines erreurs ;
3. Exploiter la cartographie des connaissances de la société à des fins stratégiques : un inventaire régulier du savoir-faire de l'entreprise devrait améliorer la capacité de l'entreprise à réagir et à s'adapter aux changements dans son environnement ;
4. Améliorer la circulation de l'information et la communication dans l'entreprise ;
5. Améliorer l'apprentissage des employés (nouveaux comme anciens) de l'entreprise ;
6. Intégrer les différents savoir-faire d'une organisation.

Une mémoire organisationnelle vise à favoriser la capitalisation des connaissances d'une organisation. Selon Tourtier, on peut distinguer quatre types de mémoire [Tourtier, 95] :

1. Mémoire métier : permet de capitaliser les référentiels, documents, outils et méthodes employés dans un métier donné.
2. Mémoire société : dépend de la société, de ses activités, ses résultats, ses projets, par exemple, les clients, les stratégies de vente, les résultats financiers, etc.
3. Mémoire individuelle : comporte les savoir-faire, le statut, les activités, les résultats d'un individu donné de l'organisation.
4. Mémoire de projet : comporte l'expérience acquise pendant la réalisation d'un projet, sa définition, ses activités, son déroulement et ses résultats.

### *3.3.1.2 Gestion d'une mémoire organisationnelle*

Le processus de gestion des connaissances dans une mémoire organisationnelle repose essentiellement sur six étapes. Il commence par une étape de détection des besoins des utilisateurs potentiels, leurs profils, leurs niveaux d'expertise, la durée d'utilisation de la mémoire, etc. Cette étape est suivie par l'étape de construction de la mémoire qui fait appel à l'ingénierie des connaissances, cette dernière permet la modélisation des connaissances. Une fois la modélisation finie, il s'agit de diffuser la mémoire et permettre son utilisation à travers

des supports technologiques de communication tels que : Internet, Intranet ou autre. Enfin, et selon les besoins des utilisateurs et les fonctionnalités de la mémoire, il faut évaluer cette dernière et faire évaluer les critères d'évaluation.

1. Diffuser
2. Évaluer Utiliser
3. Evolution
4. Détecter les besoins
5. Construire

Chaque étape pose un certain nombre de questions. Ainsi pour : la détection des besoins :

1. Quels sont les utilisateurs potentiels de la mémoire et quels sont leurs profils ?
2. Où sont-ils localisés ?
3. Quel est leur environnement de travail ?
4. Quel est leur niveau d'expertise ?
5. Quels sont leurs besoins en matière de recherche d'informations pour leur tâche quotidienne ?
6. Quand et dans quel contexte consultent-ils tel ou tel expert ?
7. Quelle est l'utilisation prévue de la mémoire après sa construction ?
8. Quand sera utilisée la mémoire : à cours terme, moyen terme ou long terme ?

La construction :

1. Quelles sont les sources de connaissances disponibles dans l'entreprise : documents papier, documents semi-structurés ou structurés, spécialistes humains, base de données? Quel est le degré de disponibilité des experts humains ? Peut-on réutiliser les documents existants ?
2. La qualité, le volume et la disponibilité des sources de connaissances peuvent-ils être évalués ?
3. Quelle est la cartographie des compétences des départements ou services de l'entreprise impliqués dans l'opération de capitalisation des connaissances ?
4. Quels types de connaissances doivent être pris en compte dans la construction de la mémoire ?

5. Est-il nécessaire de modéliser les connaissances de certains membres de l'entreprise ou bien un système documentaire s'appuyant sur les documents existants de l'entreprise suffirait-il ?
6. Quelle est la matérialisation préférée de la mémoire selon l'environnement informatique des développeurs et des futurs utilisateurs ? Quels sont les moyens humains, financiers et techniques disponibles pour la construction et la maintenance de la mémoire d'entreprise ?
7. Comment sera validée la mémoire ? Visera-t-on des connaissances consensuelles ou gardera-t-on trace des contradictions ?

#### La diffusion :

1. Quel est le scénario d'interactions souhaité entre les utilisateurs futurs et la mémoire d'entreprise ?
2. Quelle interface sera la mieux adaptée à l'environnement de l'activité des utilisateurs ?
3. Quel sera le moyen de diffusion souhaité, selon l'environnement informatique des futurs utilisateurs et des développeurs ? L'intranet de l'entreprise sera-t-il exploité, s'il en existe un ?
4. Quelle organisation sera mise en place pour la diffusion, s'il en existe une ? Sera-t-elle centralisée dans un service spécialisé dans la diffusion ou au contraire distribuée entre certains membres de l'entreprise ? Du point de vue de l'entreprise, la diffusion sera-t-elle active (suivant l'approche « push » où l'information est "poussée" vers l'utilisateur, en anticipant l'intérêt potentiel de cette information pour lui) ou passive (suivant une l'approche « pull » qui se contente de laisser l'utilisateur aller chercher lui-même l'information quand il en ressent le besoin) ?

#### L'évaluation :

1. Quels seront les critères d'évaluation ?
2. Quand, comment et par qui sera conduite cette évaluation ?
3. L'évolution ?
4. Comment seront pris en compte les résultats de l'évaluation ?
5. Quand, comment et par qui sera maintenue, vérifiée et étendue la mémoire ?
6. Comment seront détectées et éliminées (ou contextualisées) les connaissances obsolètes ou incohérentes ?

7. Quelle organisation sera mise en place pour la maintenance et l'évolution de la mémoire ?
8. L'évolution de la mémoire sera-t-elle centralisée dans un service ou sera-t-elle décentralisée et distribuée parmi les divers membres de l'organisation ?

### 3.3.1.3 Construction d'une mémoire organisationnelle

Contrairement aux systèmes experts, la construction d'une mémoire organisationnelle ne vise pas la résolution automatique de tâches, capacités automatiques de raisonnement, mais vise plutôt l'aide à l'utilisateur en lui fournissant des informations appropriées de l'organisation et en lui laissant la responsabilité d'une interprétation et d'une évaluation contextuelle de ces informations [Kühn, 97]. Le but d'une mémoire organisationnelle n'est donc pas l'aide automatique à une tâche particulière, mais une meilleure exploitation de la ressource essentielle de l'entreprise, à savoir la connaissance [Kühn, 97]. L'Ingénierie des Connaissances est utile pour construire une mémoire organisationnelle basée sur le recueil et la modélisation explicite des connaissances de certains experts ou spécialistes de l'organisation [Dieng, 98]. Elle peut aussi servir pour une représentation formelle des connaissances sous-jacentes à un document [Dieng, 98].

Le niveau de détail visé par la modélisation des connaissances est variable. Selon le cas, il pourra s'agir de [Dieng, 98] :

1. Un annuaire des compétences : l'annuaire des compétences permet d'identifier dans l'organisation les types d'activités par exemple. Cela permet de construire une cartographie des compétences de l'entreprise : qui fait quoi, qui a déjà fait quoi et où est localisée cette personne ? Qui consulte cet expert, quand et dans quel contexte ?
2. Une base des meilleures pratiques : on peut constituer des bases de connaissances sur les "meilleures pratiques" pour certains métiers d'entreprise [O' Leary, 98]. Une telle base peut comporter des connaissances en provenance de multiples sources à la fois internes et externes à l'organisation. Ces connaissances doivent être organisées, abstraites et synthétisées. Les meilleures pratiques évoluent au cours du temps ; les bases de connaissances sur les meilleures pratiques doivent donc être évolutives.
3. Un livre de connaissances : au lieu d'une base de connaissances formelle, on peut construire un livre de connaissances : celui-ci consiste en un document contenant les descriptions textuelles et graphiques des modèles de connaissances obtenus après modélisation des connaissances de certains experts de l'organisation [Ermine, 96]. Le

livre de connaissances peut être organisé sous forme d'un hyper document, avec des liens vers d'autres sources d'information de l'organisation : autres documents de l'organisation, références bibliographiques, bases de données, bibliothèques de logiciels, etc.

Les techniques de gestion d'une mémoire documentaire peuvent alors s'appliquer au livre de connaissances, une fois celui-ci mis sous forme de documents. Afin de construire une mémoire organisationnelle, il est possible d'utiliser différentes techniques de recueil de connaissances [Dieng, 96] :

1. Les interviews : dans les cas concrets de développement de bases de connaissances, les entretiens restent la méthode la plus utilisée. Souvent la mémoire organisationnelle exige un protocole de recueil collectif avec des entretiens de validation collectifs, dans la mesure où plusieurs experts sont concernés.
2. L'analyse de protocoles verbaux obtenus par simulation de résolution de problèmes : cette méthode repose sur un enregistrement de l'expert réfléchissant à haute voix en résolvant un problème réel. Un scénario de simulation doit être mis en place à priori avec un spécialiste du domaine, puis l'expert doit être mis en situation et des protocoles sont transcrits, puis codés et interprétés.
3. L'observation directe : cette méthode repose sur un enregistrement vidéo de l'expert en situation de travail. L'observation peut porter sur les tâches effectuées, sur les documents utilisés, et sur les actions produites.
4. L'utilisation d'un questionnaire : cette méthode est intéressante une fois une partie de l'expertise déjà identifiée.
5. Les verbalisations rétrospectives (passage en revue de protocoles antérieurs) : dans cette méthode, l'expert est invité à prendre et commenter un cas déjà traité.
6. L'introspection : dans cette méthode, l'expert rend compte de la façon dont il résoudrait un cas typique, dans des conditions en général éloignées de ses conditions de travail habituelles.
7. La technique du "magicien d'Oz" : cette méthode repose sur la simulation du comportement du futur système ainsi que de son environnement par l'expert, grâce à des protocoles en ligne avec l'utilisateur. Les participants peuvent réfléchir à haute voix.

8. Le protocole de recueil collectif : cette méthode repose sur l'utilisation d'un protocole pour le recueil collectif des connaissances.

### **3.3.2 Conclusion partielle**

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés aux systèmes de connaissances et à la gestion et l'organisation des connaissances. En particulier, nous avons étudié le concept de mémoire organisationnelle. Une telle mémoire peut être considérée comme la représentation explicite et persistante des connaissances et des informations dans une organisation, afin de faciliter leur accès et leur réutilisation par les membres adéquats de l'organisation pour leurs tâches [Dieng, 98]. La conception d'une mémoire organisationnelle dépend du contexte dans lequel elle est destinée à être utilisée. Dans le contexte de notre recherche, nous nous intéressons plus à la problématique du repérage, de la préservation et de la valorisation. Le repérage renvoie à la question de détermination des connaissances tacites et explicites du domaine de la formation. La préservation renvoie à la question de mise en œuvre d'une démarche méthodologique de modélisation de ces connaissances. La valorisation renvoie à la question de la réalisation d'un support informatique permettant un accès facile et une bonne diffusion des informations et connaissances de la formation en question. Pour partager des informations au sein d'une organisation, particulièrement lorsque les auteurs sont géographiquement distants. Dieng dans [Dieng, 98] propose de définir une ontologie des connaissances de l'organisation : "les ontologies sont très utiles dans une mémoire métier ou dans une mémoire technique, car elles explicitent une terminologie et une conceptualisation partagées par un métier donné ou par une communauté donnée dans une organisation". L'idée est de définir un vocabulaire commun dont les termes ont une signification commune. C'est une des raisons pour lesquelles la construction et la gestion d'une mémoire organisationnelle s'effectuent souvent à l'aide d'une ontologie. Dans le chapitre suivant, nous présentons le potentiel de l'ontologie et de l'ingénierie ontologique pour augmenter l'intelligence et la communication dans les applications e-learning.

## **4. Apprentissage des acteurs de la conception**

### **4.1 Des compétences/capacités aux connaissances des acteurs de la conception.**

#### **4.1.1 Introduction**

Le déplacement des connaissances dans l'univers de la transmission du savoir et de l'opérationnalisation de ce savoir nous amène tout naturellement vers les compétences/capacités. A partir du moment où des connaissances ont été acquises, il convient de vérifier si elles peuvent être mises en pratique. Ce transfert de la théorie assimilée ou en cours d'assimilation fait partie de l'acquisition des compétences/capacités. Nous pensons, que plusieurs actions peuvent transformer les connaissances en compétences/capacités.

1. Opérationnalisation des connaissances.
2. Transmission de cette connaissance à un tiers. Identification des acteurs de la transmission.
3. Vérification des attendus théoriques dans la pratique. Le but recherché théoriquement trouve un résultat prévu.
4. Maîtrise de la reproductibilité dans le temps.
5. Description fine de la procédure d'acquisition et de transmission. Traçabilité.

Vous aurez remarqué comment le terme « compétence » a été associé à « capacité ». En effet, c'est volontairement que nous avons accolé compétence et capacité parce que l'instanciation dans le réel d'une compétence ne peut se vérifier que dans une dynamique de capacité à réaliser celle-ci. De plus qu'en est-il d'une compétence incapable d'être opérationnalisée dans un contexte de capacité ? La réunion de compétence et de capacité pourrait nous amener sur le chemin de la réflexion de la capacité que nous n'emprunterons pas pour le moment mais qui reste une voie intéressante pour de futures investigations.

#### **4.1.2 Plusieurs types de compétences/capacités**

Nous verrons apparaître dans le modèle du processus d'ingénierie, la notion de compétences/capacités. C'est pour cela que nous prenons un peu de temps pour essayer non seulement d'éclaircir cette notion de compétences/capacités mais aussi pour montrer que notre proposition de modèle n'est pas déconnectée d'une réalité opérative voire opérationnelle.

Cette opérationnalisation est la transformation des connaissances en compétences. Il existe deux sortes de compétences/capacités :

1. Les compétences/capacités sociales décomposées en compétences et maîtrise dans le domaine professionnel et dans le domaine des activités d'un individu.
2. Les compétences/capacités savantes en termes de potentiel dans une perspective réalisable.

#### 4.1.2.1 *Qu'est ce qu'une compétence/capacité ?*

Gillet dans [Gillet, 98] montre qu'une compétence est à l'intersection de trois domaines (voir Figure 11.C2).

1. Socialisation et biographie de l'individu
2. Expérience professionnelle
3. Formation

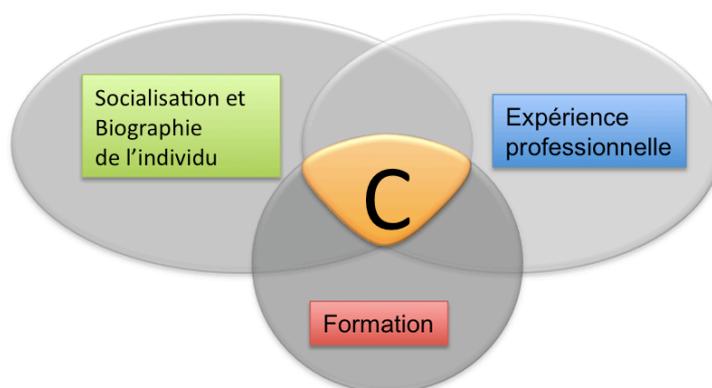


Figure 11.C2 : La compétence par Gillet

#### 4.1.2.2 *La compétence/capacité, un concept dynamique*

Cette notion de compétence/capacité peut être complétée par une approche intéressante qui montre une dynamique particulière de ce concept [Le Boterf, 94].



Figure 12.C2 : la Compétence/capacité selon Le Boterf

Ainsi la compétence C (Figure 12.C2), est un concept dynamique passant d'un concept en voie de fabrication donc dans une dynamique intellectuelle vers une dimension opératoire donc dans une dimension de praticité effective.

D'autres d'approches de la notion de compétences/capacités peuvent éclairer cette notion si particulière.

L'approche des compétences/capacités a des aspects positifs sur :

1. La reconnaissance de savoir-faire implicites au travail et méconnus auparavant.
2. Une homogénéité dans les grilles d'analyse et les référentiels de ceux qui sont chargés de transmettre.
3. Une tendance à favoriser les éléments constitutifs du futur produit sur celui qui va apprendre avec lui.

#### *4.1.2.3 Aspects contradictoires*

Il apparaît alors des aspects contradictoires comme l'ont montré Beslile et Linard. [Beslile, 96]:

1. Les risques d'une normalisation exagérée qui aboutit à une fragmentation des éléments au détriment des dimensions de globalité et d'intégration. A trop vouloir parcelliser, on risque de perdre la notion de système.
2. Le risque d'accorder trop d'importance aux performances, à la fonction d'évaluation par quantification au détriment des paramètres qualitatifs (capacités de synthèse par exemple)
3. Le risque d'accorder moins d'importance à des connaissances plus générales, plus « culturelles »
4. Le danger de se servir de cette notion pour pratiquer des énumérations statiques.

#### *4.1.2.4 Premiers modèles de compétences/capacités*

Les modèles sont parfois insuffisants tel que le modèle comportementaliste qui exclut les intentions, motivations et situations des acteurs et le modèle informationnel qui réduit au traitement rationnel de représentations symboliques abstraites les différentes compétences/capacités des individus. Nous montrons dans la section suivante 5 comment on peut utiliser le modèle allostérique de Giordan [Giordan, 87, 94, 95, 96, 02,03]. Le terme « allostérique » vient du nom d'organismes vivants se développant et se transformant en s'adaptant uniquement en fonction du milieu dans lequel ils se trouvent.

Nous proposons une représentation de la compétence/capacité sous forme de graphe.



Figure 13.C2 : Graphe des compétences/capacités

Les compétences/capacités se définissent dans l'action (Bloc 2 (Savoir agir) de la Figure 13.C2). Ce sont des compétences/capacités en acte, compétences/capacités en situation qui se construisent dans des actions finalisées. Ce lien à l'action se retrouve partout que ce soit dans des contextes cognitifs [Vergnaud, 96] comme par exemple dans la formation par la pratique. Ce savoir-agir est responsable et validé. C'est la composante sociale ou plus précisément la composante socio professionnelle de l'individu. En effet, la compétence/capacité :

1. est reconnue par autrui, c'est un construit social
2. a une dimension collective même s'il s'agit parfois de compétence/capacité individuelle
3. a une dimension socio culturelle, l'habitus selon Bruner dans [Bruner, 91]. Elle est un système de valeurs socialement partagées.
4. est une responsabilité. Elle est une des composantes du pouvoir en plus du savoir.

#### 4.1.3 Les compétences/capacités au regard de la triple instrumentation

Dans un processus d'élaboration des compétences/capacités basé sur le triptyque, Mobiliser – Intégrer – Transférer, il faut mobiliser ses compétences/capacités pour une action donnée [Perrenoud, 97]. Apparaît alors la notion de transversalité qui est liée à la prise en compte des contenus. Les compétences sont alors décomposées grâce à notre triple instrumentation. Nous obtenons ainsi :

1. Instrumentation symbolique et/ou sémantique - Les compétences/capacités conceptuelles (analyser, comprendre, agir de manière systématique)
2. Instrumentation objectale - Les compétences/capacités techniques (méthodes, processus, procédés, procédures, techniques spécifiques)
3. Instrumentation sociale – les compétences/capacités humaines (les relations intra et inter personnelles)

#### 4.1.4 Les ressources à mobiliser

Encore une fois, Le Boterf [Le Boterf, 94] met en évidence des savoirs différents permettant de mieux cibler ce qui est du ressort de la compétence et ce qui ne l'est pas. Il met en évidence des ressources à mobiliser :

1. Savoirs théoriques : compréhension d'un phénomène, concepts, schémas assimilateurs, schèmes
2. Savoir procéduraux : comment s'y prendre, méthodes, modes opératoires
3. Savoir-faire procéduraux : savoir comment le faire (s'être entraîné)
4. Savoir-faire expérientiels : savoirs issus de l'action, leçons de l'expérience pratique, (retour d'expériences).
5. Savoir-faire sociaux : « savoir être », habitus, socialisation professionnelle.

On peut voir sur la Figure 14.C2 les différentes liaisons entre ce qu'un individu sait et ce qu'il est capable d'en faire et comment il l'acquiert. Cette façon d'appréhender l'univers des compétences/capacités est assez intéressante car d'une praticité toute indiquée pour notre proposition future.

Savoir faire	Action/Perception	Apprendre en faisant
Décrire ce qu'on sait faire	Réfléchissement Méta connaissance	Apprentissage par transfert
Décrire comment on s'y prend pour décrire ce qu'on sait faire	Méta cognition	Apprendre à apprendre

Figure 14.C2 : Les 3 niveaux d'acquisition de compétences/capacités selon Le Boterf.

#### 4.1.5 Les compétences/capacités collectives

En complément, de cette décomposition on s'aperçoit qu'une compétence/capacité peut devenir collective. Par rapport à notre problématique et notre sujet de départ, il semble intéressant de s'y arrêter un moment. Une compétence/capacité collective est alors caractérisée par les éléments suivants :

1. Une image opérative commune à l'ensemble des opérateurs.
2. Un code et un langage commun, propres à l'équipe, un savoir social commun.

3. Un savoir coopérer, mise en commun des possibilités pour résoudre les problèmes par la discussion au sein de l'équipe.
4. Un savoir apprendre de l'expérience.

#### **4.1.6 Les situations sociales de la construction des compétences**

Wittorski [Wittorski, 98] propose cinq voies de construction (par les acteurs formateurs), liées à 5 situations sociales d'acquisition-formation :

1. formation sur le tas, par l'action seule (sans réflexion institutionnellement organisée) ;
2. formation de routines figées peu adaptables, résiste aux changements, formation alternée, action et réflexion « compétences maîtrisées », davantage transférables ;
3. analyse de pratiques, réflexion rétrospective sur l'action ;
4. anticipation sur les pratiques, réflexion anticipative sur l'action ;
5. acquisition de savoirs théoriques, supposés s'investir dans des pratiques futures (*situation classique de formation initiale dans le système éducatif actuel*).

#### **4.1.7 Les composantes de la construction des compétences**

##### *4.1.7.1 Approche 1*

Wittorski [Wittorski, 98] caractérise la construction des compétences/capacités par cinq composantes : cognitive, culturelle, affective, sociale et praxéologique, articulées sur trois niveaux : niveau de l'individu ou du groupe producteur/auteur, environnement social immédiat, organisation (sociétal). Pour qu'une compétence/capacité soit définitivement instanciée dans et par un individu, il a besoin de cinq composantes :

1. composante cognitive : niveau micro, individu ; représentations cognitives, représentations de la situation par l'acteur ;
2. composante affective : moteur de la compétence ; image de soi, investissement affectif, motivation ;
3. composante sociale : reconnaissance par l'environnement immédiat, pari sur la reconnaissance à venir ;
4. composante culturelle : influence de la culture sur les compétences ;
5. composante praxéologique : le produit (observable) et son évaluation sociale.

#### 4.1.7.2 *Approche 2*

Après avoir fait le tour de ce que peut être une compétence/capacité, nous pouvons envisager de réfléchir sur la construction de ces compétences. Ainsi nous pourrions pour notre futur modèle dégager les points qui nous paraissent les plus appropriés pour la réussite du projet/produit envisagé. Pastré dans [Pastré, 98] donne plusieurs spécifications à la notion de construction des compétences/capacités :

Une compétence/capacité se construit à partir d'une situation prototypique ; il est difficile de repérer ce qui différencie la conceptualisation de la simple utilisation de règle d'action.

La compétence/capacité se développe par le fait que l'opérateur prend en compte des conditions de plus en plus variées qui s'éloignent de la situation prototypique. Il faut distinguer le niveau des règles d'action, en fonction des classes de situations et le niveau des concepts pragmatiques ou scientifiques, qui servent d'organisateur de l'activité.

La compétence/capacité se désincorpore [Leplat, 95] : prise de distance par rapport aux situations ; explicitation des concepts mobilisés ; être compétent revient à savoir faire et à savoir comprendre ce que l'on fait ; savoir appliquer les règles ne suffit pas. Par exemple, dans l'apprentissage à l'utilisation du traitement de texte, utiliser des « modes opératoires » sous forme de règles rigides ne permet pas de gérer les aléas inévitables.

La construction d'une représentation de la structure conceptuelle de la situation correspond à la démarche de schématisation, ne retenant que des données pertinentes. Cela permet de se libérer (dans le sens le connaître suffisamment pour jouer pleinement avec) du modèle mental ainsi construit.

#### 4.1.7.3 *Approche 3*

Enfin, il apparaît comme extrêmement important d'avoir un retour systématique d'expérience pour étayer dans la construction les compétences à mettre en œuvre. C'est la boucle d'apprentissage selon Le Boterf [Le Boterf, 94] qui permet les retours des effets sur les actions. Ils comprennent des aspects acquisition/apprentissages, que ces apprentissages soient explicites ou non :

1. Simple boucle : le sujet agit différemment mais sans changer fondamentalement ses représentations
2. Double boucle : le sujet modifie ses représentations pour agir autrement
3. Apprentissage « deutero-learning » le sujet apprend à apprendre.

## 4.2 Apprentissage – acquisition des compétences/capacités

C'est Charlier [Charlier, 98] qui montre le mieux comment l'apprentissage peut permettre l'acquisition de compétences/capacités. Dans une approche constructiviste, apprendre consiste à modifier des schèmes à partir des interactions avec l'environnement. Les éléments antérieurs sont importants : « Importance de créer, en formation et sur le lieu de travail, des conditions qui permettent à l'acteur de développer ses compétences/capacités professionnelles à partir de, par et pour la pratique » :

1. à partir de la pratique : c'est le point de départ et support de réflexion
2. par la pratique : l'acteur agit sur les caractéristiques de la situation, expérimente et découvre des solutions
3. pour la pratique : l'acteur valorise les apprentissages dont il voit des retombées positives.

### 4.2.1 Les théories contemporaines sur l'apprentissage

L'apprentissage est encore affaire d'habitude ou d'empirisme. On peut catégoriser les différentes approches de l'apprentissage dans la description de la Figure 15.C2 qui suit.

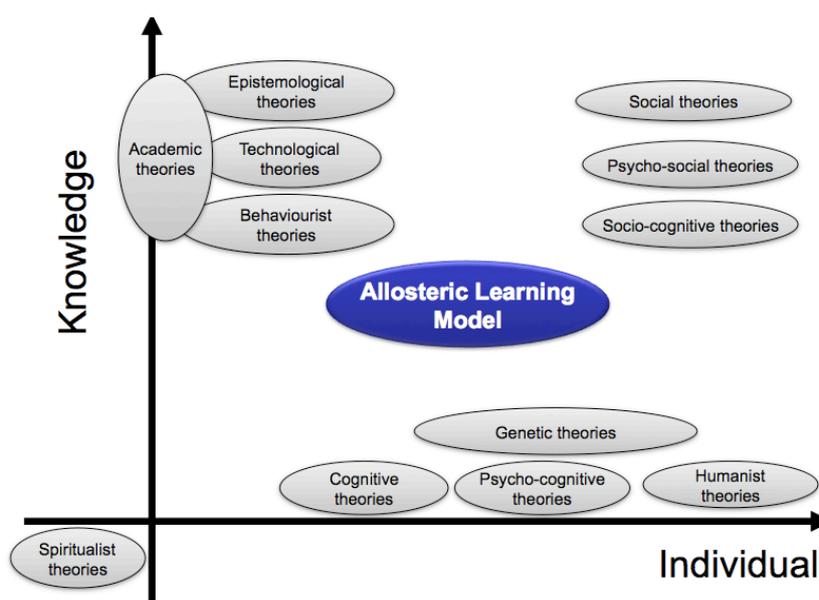


Figure 15.C2 : Positionnement du modèle de Giordan

Trois axes sont montrés :

1. - axe connaissance : théories académiques, théories technologiques, théories behavioristes, théories épistémologiques;
2. - axe société : théories sociales, théories sociocognitives, théories psycho-sociales;
3. - axe apprenant : théories humanistes, théories génétiques, théories cognitives.

Les théories spiritualistes apparaissent alors aujourd'hui avec plus d'acuité et ne sont pas étrangères au comportement des acteurs de la conception parce qu'ils sont aussi influencés par cette dimension.

#### **4.2.2 Des approches et théories diverses et variées**

De multiples approches conditionnent les perceptions et les stratégies mises en place pour les apprentissages. On trouvera, en Annexe 4, le détail de ces diverses théories. Il est donné ici uniquement la liste en fonction des courants de pensée.

1. Théories spiritualistes.
2. Théories académiques.
3. Théories technologiques.
4. Théories behavioristes.
5. Théories épistémologiques.
6. Théories sociales.
7. Théories sociocognitives.
8. Théories psycho cognitives.
9. Les théories humanistes.
10. Les théories génétiques.
11. Les théories cognitives.

#### **4.2.3 Apprentissage et sujet**

L'approche de l'apprentissage nécessite de ne pas se limiter au sujet apprenant et à ses mécanismes conceptuels. Ces derniers, bien que de caractère auto organisé, sont largement interdépendants des conditions et des successions des environnements dans lesquels ils ont émergé au cours de l'histoire de l'individu. C'est pour tenter de combler ce manque que nous avons tenté de décrire un nouveau modèle, qui se veut tout à la fois "interaction" et "élaboration" mais aussi "intégration" et "interférence" : le modèle allostérique

d'apprentissage. La compréhension d'un savoir scientifique ne peut se réduire au simple décodage des éléments verbaux qui les expriment (décodage linguistique et sémantique). La mémorisation n'est pas un simple processus de stockage des faits (théories académiques). L'individu n'enregistre pas les savoirs ou les savoir-faire, il les "construit", il les "élabore". De plus, il faut que l'apprenant concilie l'ensemble de ces paramètres (questions, opérations, cadres sémantiques et de références et signifiants) pour constituer un nouveau savoir. L'élaboration des concepts ne peut se réduire à un apprentissage de données isolées. Un apprentissage est caractérisé par une multiplicité de relations, une pluralité d'organisations.

On comprend la structure d'ensemble quand on doit la décortiquer pour la faire fonctionner ou pour la transmettre, d'où l'importance d'une métacognition pour rendre le savoir opératoire et mobilisable.

#### **4.2.4 Un nouveau modèle d'apprentissage : le modèle allostérique**

Pour pallier ces insuffisances en matière d'apprentissage, nous avons opté pour le modèle allostérique. Une brève description est présentée dans la suite de ce document. La naissance du modèle est décrite par Giordan dans [Giordan, 87]. Son développement applicatif est montré dans la continuité d'un environnement didactique par [Giordan, 02].

##### *4.2.4.1 Fonctionnement du modèle*

Quelques éléments synthétiques montrant la richesse de ce modèle.

1. L'appropriation de tout savoir dépend de l'apprenant,
2. Les nouveaux savoirs sont des prolongements des acquis antérieurs et en opposition à ces derniers,
3. L'apprenant apprend à la fois "grâce à", "à partir de", "avec", il doit comprendre "contre" ces derniers,
4. Ce ne sont pas les informations, c'est le réseau qui les relie et qui produit une signification en réponse à une question,
5. Le savoir ne se transmet pas, il procède d'une activité d'élaboration,
6. Le savoir à acquérir ne s'inscrit jamais automatiquement dans la ligne des connaissances antérieures,
7. Remettre en cause ces conceptions car celles-ci créent un "filtre" sur la réalité,

8. L'apprenant doit être confronté à un ensemble d'éléments convergents et redondants en s'appuyant sur les modèles organisateurs qui permettent de structurer les savoirs autrement,
9. Les savoirs doivent être différenciés et délimités dans leur champ d'application puis consolidés dans des situations applicatives autres,
10. Exercer un contrôle délibéré sur son activité d'étude et sur les processus qui régissent cette activité,
11. Repérer les ressemblances et les différences entre les anciennes connaissances et les nouvelles et résoudre le plus souvent les contradictions.

L'appropriation du savoir doit être envisagée comme une suite d'opérations de transformation systémique et progressive.

#### **4.2.5 Un environnement didactique adéquat est nécessaire**

La probabilité pour qu'un concepteur puisse "découvrir" seul l'ensemble des éléments permettant de mener à bien la conception d'un produit est pratiquement nulle dans un temps limité. Tout d'abord, un contexte doit être décrit pour induire une série de déséquilibres conceptuels pertinents. Des confrontations sont nécessaires :

1. Concepteurs-concepteurs par le biais de travaux de groupes
2. Concepteurs experts-concepteurs apprenant toujours dans des travaux de groupe
3. Concepteurs information internes et/ou externes par différents média.

Ainsi cela peut conduire le concepteur à glaner un ensemble de données nouvelles pour enrichir son expérience.

L'accès à un certain formalisme est très important (symbolisme, schématisation, modélisation). L'introduction de modèles permet une vision renouvelée de la réalité. Il convient de mettre en évidence l'importance de la maîtrise, au préalable ou en parallèle chez l'apprenant, d'un certain niveau d'attitude et de démarche. Cela facilite le questionnement et une prise de recul par rapport aux phénomènes. Il est utile de procurer à l'apprenant des situations où le savoir pourra être mobilisé. Enfin, l'apprenant devra mettre en œuvre ce que nous appelons "un savoir sur le savoir".

#### 4.2.6 Conclusion partielle

Le modèle allostérique fait apparaître une nature de l'apprentissage poly-factorielle. Pour le modèle allostérique, l'apprentissage n'est pas l'affaire d'un seul facteur, c'est un réseau de conditions nommé "environnement didactique" qui est prépondérant pour la transmission.

Concevoir des produits c'est aussi apprendre à les concevoir.

#### 4.2.7 Le modèle de Giordan

Nous nous sommes tournés résolument vers le modèle d'apprentissage de Giordan parce que, de tous les modèles étudiés au cours d'une longue carrière d'enseignant, c'est celui qui nous semble le mieux adapté à la complexité du monde des connaissances qui nous entoure et sur lequel nous travaillons. C'est un modèle riche et complexe. Nous transposerons en permanence ce qu'avance Giordan dans ses travaux pour mieux le confronter à notre problématique.

Ce qui semble poser un énorme problème dans les anciens modèles de l'apprentissage sont de plusieurs natures et causes. Comme nous l'avons déjà montré dans l'analyse des différentes théories précédentes, apprendre implique des fonctions multiples et complexes, poly distribuées et pluri-contextualisées. Cela implique la mobilisation de plusieurs niveaux d'organisation mentale, plusieurs boucles de régulation. La proposition de Giordan vise à intégrer l'ensemble des modèles existants dans le but d'une utilisation efficace et bien comprise. Ainsi le modèle de la Figure 16.C2 apparaît sous le nom de « modèle d'apprentissage allostérique ».

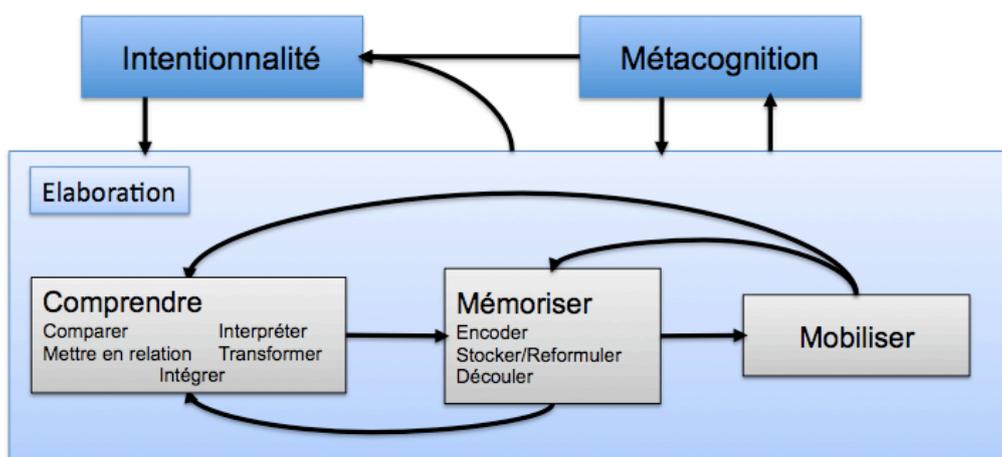


Figure 16.C2 : Modèle allostérique de Giordan

Tout apprentissage fait apparaître des phénomènes parfois contradictoires, ainsi l'apprentissage génère un impact sur l'organisation et la culture même des structures de formation, et sur un plan collectif, sur le fonctionnement des organisations apprenantes.

#### *4.2.7.1 Méthodologie*

« L'apprendre » se caractérise par des propriétés émergentes qui se révèlent beaucoup mieux par l'étude des interactions que par celle des parties qui les constituent. Dans un tel processus complexe, il est impossible d'atteindre la compréhension de l'ensemble comme un tout par l'étude exclusive de ses parties. Les chercheurs cités ci après étayent la démonstration : [Bertalanffy, 73], [Wiener, 48, 61], [Weaver, 48], [Weinberg, 75], [Le Moigne, 79], [Le Moigne, 93], [Wilson, 84].

#### **4.2.8 Le triptyque « Elaboration Intentionnalité Métacognition »**

Apprendre nécessite toujours une intention : un projet, même implicite, c'est le "moteur" de l'ensemble du processus. Par ailleurs, les émotions, le plaisir, le désir sont favorables à la mémorisation. Elle trouve son équilibre à partir de sa constitution interne confrontée à des informations internes. Se posent en suite des questions cognitive et socioculturelle ensuite, car apprendre est l'insertion d'un individu (ou d'un groupe) dans un environnement complexe. L'individu s'approprie ou invente des savoirs pour réaliser ses projets au sein d'un groupe (entreprise, association,..). Il faut encore ajouter que ces niveaux se régulent mutuellement. « L'apprendre » procède alors d'un processus d'élaboration d'un individu confrontant les informations nouvelles et ses conceptions mobilisées, et produisant de nouvelles significations plus aptes à répondre à ses interrogations. Tous ces mécanismes sont différenciés selon les contenus. Ils passent par des phases de rectification, de mutation ou éventuellement d'interférence entre conceptions mobilisées et informations filtrées (élaboration). Une fois formulée, cette expérience cognitive n'est pas simplement stockée, elle doit être en permanence mobilisable et mobilisée pour la suite. Enfin la maîtrise de l'univers de l'apprendre exige encore que l'apprenant donne une signification au savoir élaboré (métacognition). Cela contribue à développer une attitude favorable à « l'apprendre ». En retour, toute modification d'un sous-ensemble du système entraîne des réajustements plus ou moins importants au niveau des autres composants du système.

## 5. Conclusion

Les acteurs de la formation, qu'ils soient décideurs, formateurs ou usagers, sont conduits à s'interroger, aujourd'hui plus que jamais, sur les enjeux, les contenus, les modalités, les démarches, les stratégies de la formation au sein des équipes de conception. Une formation «face au défi de la complexité» ne peut pas être perçue comme une liste d'acquisitions linéaires à construire dont la somme égalerait le tout. Du fait qu'elle comprend un ensemble d'apprentissages complexes et exige des savoirs de terrain, l'apprentissage en conception se situe davantage dans une relation à cette complexité et dans l'organisation personnalisée des apprentissages à un réseau de tâches. Par ailleurs, cette démarche, conçue et animée par le « concepteur apprenant » en étroite collaboration avec l'équipe de concepteurs experts, devrait être analysée d'abord sur le terrain, pour se poursuivre ensuite, à travers des réflexions, tant individuelles que collectives, en mobilisant des apports théoriques et en favorisant la confrontation de regards complémentaires. L'accent devrait être mis sur ce que les anglo-saxons appellent la relation d'« empowerment », c'est à dire la capacité à développer des pratiques de mobilisation, d'engagement ou encore de changement. Il importe de prendre en compte les aspects qui jouent un rôle régulateur et peuvent favoriser le processus, les résultats obtenus et les apprentissages effectués d'une part ; d'autre part, les environnements facilitants offrant soutien, ressources et valorisation. L'entreprise qui réussit n'est pas celle qui attache seulement beaucoup d'importance à la formation de son personnel. L'entreprise, en tant que système, doit améliorer globalement ses compétences, en tirant parti de ses propres expériences, en travaillant à partir de ses propres ressources. La réussite dans le changement passe par la coopération, l'engagement et la responsabilisation de chacun, mais également de l'interaction des entités qui la constituent. « L'apprendre » devient dans l'entreprise une matière première stratégique ; il constitue un élément essentiel à sa survie et à son développement. L'importation de connaissances de l'extérieur n'est qu'une condition nécessaire au succès qui repose tout autant sur les connaissances tacites et, plus largement, sur les compétences mises en œuvre et développées dans l'organisation elle-même. Le management de la connaissance («knowledge management») dans une entreprise a ainsi pour objectif de faire émerger, d'organiser et d'utiliser la connaissance comme support à l'innovation continue. Il correspond à la prise de conscience que sa mémoire, sa culture sont

également un capital pour l'entreprise. Générée par ses propres activités, elle est valorisée dans ses activités nouvelles. «L'intelligence économique» n'est une clé que si elle repose sur une réflexion sur les pratiques de l'entreprise et sur l'adaptation des structures pour lui permettre de produire elle-même la connaissance et les compétences qui lui sont nécessaires. Deux aspects ont été privilégiés plus particulièrement dans nos travaux : la vigilance à apprécier les changements (notamment de l'environnement mais également internes) en période de changements très rapides et la compréhension de son fonctionnement stratégique : organisation, communication, gouvernance et mémoire.

## **Chapitre 3**

# **Le processus d'ingénierie**

# Sommaire détaillé

1.	Introduction.....	105
2.	Postulats, définitions associées et propositions.....	105
2.1	Postulats.....	105
2.2	Définitions associées.....	107
2.3	Propositions.....	108
3.	Le processus d'ingénierie.....	111
3.1	Etape 1 : Captation et Collecte des compétences.....	112
3.1.1	Les règles de construction des graphes.....	115
3.2	Etape 2 : Capitalisation et compréhension des graphes.....	117
3.2.1	Grille GMPI du macro modèle.....	117
3.3	Etape 3 : Transmission des connaissances par les graphes de connaissances augmentés.....	122
3.4	Capitalisation appliquée au modèle de la valeur ajoutée.....	127
4.	Les outils associés.....	131
4.1	La matrice LRI.....	131
4.1.1	Elaboration de la Matrice LRI.....	132
4.1.2	Méthode de calcul de l'indice LRI.....	134
4.1.3	Exemple d'analyse.....	113
4.2	Interface opérationnelle IP K5.....	139
4.2.1	Fonctionnement de l'interface.....	139
4.2.1.1	Gestion du projet.....	141
4.2.1.2	Création des graphes.....	142
4.2.1.3	Administration des graphes.....	144
4.2.1.4	Exemple partiel d'un graphe augmenté issu de l'interface.....	146
5.	Conclusion.....	147

## **1. Introduction.**

Dans ce chapitre, est abordé le cœur des propositions. Nous proposons un modèle de génération des connaissances évolutif, associé à un système d'information collaboratif permettant aux acteurs de formaliser et de partager leurs connaissances. De plus, ce chapitre, porte sur la définition d'une méthodologie et la construction d'un modèle appelé « Processus d'Ingénition ». Cette méthodologie s'appuie sur un modèle intégré au processus de conception permettant la description précise des phases de création/génération de connaissances.

Ce chapitre est décomposé en trois parties distinctes :

1. La première partie décrit les postulats, les définitions associées et les propositions issus du chapitre précédent qui fondent le processus d'ingénition.
2. Dans la deuxième partie, le processus d'ingénition ainsi que son modèle principal appelé macro modèle sont présentés.
3. Enfin, une troisième partie est consacrée à la description des outils mis au point pour l'opérationnalisation des concepts du processus ingénition.

## **2. Postulats, définitions associées et propositions.**

### **2.1 Postulats.**

La génération des connaissances en conception est conditionnée par la conjonction de facteurs humains, de processus mis en œuvre, de leur utilisation et des systèmes de transmission et d'échange entre les acteurs. Il est donc impératif de conserver une décomposition du processus de conception permettant aux acteurs de décrire phase après phase le cheminement de leur création. En effet, la succession des phases de conception, l'itération d'un cycle élémentaire, les phénomènes émergents d'auto-organisation d'acteurs interagissant, un processus cognitif et une forme de communication et de conversation sont indispensables à la création du futur modèle de génération des connaissances.

Conformément aux points importants (encadré bleu) dégagés dans l'état de l'art du chapitre précédent, le modèle de la génération des connaissances que nous allons bâtir, devra laisser

toute sa part à la liberté créatrice des acteurs de la conception par l'emploi d'une méthode de description et non de prescription. Cette description sera multi-vues et multi-critères. Ceci implique une approche de la collecte d'informations différente et peut être non hiérarchisée comme elle pouvait se faire auparavant. Ces modes de collecte d'informations différents peuvent venir en aide ou en support à la compréhension des mécanismes de production des connaissances. En fonction de la conception envisagée, ces collectes permettent des passages transverses de service à service facilitant les échanges d'informations, de connaissances. Tous les acteurs sont considérés comme des experts, toutes les personnes concernées par le résultat du processus participent au processus créatif, tous les acteurs sont considérés comme utilisateurs potentiels, ainsi que les consultants externes qui participent au travail de conception. Ce processus permet de différencier précisément les stades d'utilisation et de conception du futur produit en fonction des artefacts considérés.

Une décomposition des phases de conception en instants primitifs (au sens de learning object) est à l'origine de ce qui sera proposé plus tard en termes de connaissances primitives ; à savoir :  $KA$ . Après avoir décomposé ces connaissances, il apparaît un besoin de les capitaliser. Même si les modèles proposés à l'heure actuelle sont susceptibles de répondre à nos besoins de capitalisation et d'archivage des activités des concepteurs, ils ne répondent pas du tout à la problématique de la génération des connaissances et à sa transmission. Ils sont des marqueurs ou des traceurs de « Que s'est-il passé ? » mais pas forcément du « Comment cela s'est passé ? » et « Comment cela peut-il être réinvesti dans un processus cognitif ? ». La trace informatisée des processus ne participe pas obligatoirement au processus de génération des connaissances pour les futurs concepteurs. C'est pour cela que nous adjoindrons à notre modèle, des facteurs organisationnels, des facteurs technologiques, des facteurs économiques, des facteurs socioculturels internes ou externes. Ces 4 facteurs identifiés précédemment ressortiront très nettement dans notre modèle. De plus, les notions de sémantique ou sémiotique sont des notions fondamentales pour nous. Nous verrons plus tard qu'elles font partie prenante d'une des trois instrumentations utilisées parce que nous devons formaliser les connaissances connues et prévoir une capitalisation à long terme permettant de conserver au fur et à mesure de leurs innovations, les connaissances informelles qui n'ont pu être modélisées initialement.

Le point d'achoppement avec notre perception se situe véritablement lors la validation par les acteurs de l'acquisition des connaissances générées. Tout se passe comme si, à partir du

moment où les connaissances ont été identifiées, elles pourraient être transférées d'un individu à un autre sans qu'un processus cognitif entre en jeu. Il nous paraît indispensable que, non seulement, le futur modèle permette la description des connaissances mais qu'il permette également une transposition lors des phases d'appropriation de la connaissance par les acteurs concernés.

Nous proposons donc un modèle de génération des connaissances évolutif, associé à un système d'information collaboratif permettant aux acteurs de formaliser et de partager leurs connaissances.

## 2.2 Définitions associées

**Définition 1 :** Clients directs et indirects.

Par les termes clients directs et indirects, nous distinguons deux catégories de cibles particulières. Les clients directs sont les prescripteurs du produit (concepteurs experts, professeurs) et les clients indirects sont les utilisateurs lors de l'apprentissage de ce même produit (concepteurs novices, étudiants, apprentis).

**Définition 2 :** Produit.

Le produit dont on évoque ici la définition, est un produit étendu possédant la capacité avérée de transmettre de la connaissance ou d'être support à la transmission de connaissance. (Se reporter au Chapitre 1 Page 19).

**Définition 3 :** Connaissance.

La connaissance est définie [Webster, 61] comme une perception claire et certaine de quelque chose ; les actes, les faits, ou l'état de la compréhension. La connaissance est définie aussi comme opinion justifiée qui augmente la capacité d'une entité pour l'action effective [Nonaka, 94]. La connaissance peut être abordée par plusieurs points de vue :

1. un état d'esprit,
2. un objectif,
3. un procédé,
4. une condition d'accès à l'information,
5. une capacité.

#### **Définition 4 : Ingénition.**

Néologisme issu de la contraction de deux mots : Ingénition est l'INGENierie de la généraTION des connaissances en conception collaborative. Ce mot englobe tous les processus d'ingénierie de la génération des connaissances. La description détaillée de ce processus est l'objet de la suite du chapitre.

### **2.3 Propositions.**

Les propositions suivantes permettent d'offrir un cadre clair pour les développements qui suivront dans ce chapitre :

**Proposition 1 :** Tout produit étendu génère et/ou transmet de la connaissance et/ou est support à la transmission de connaissance.

Le produit étendu dont nous parlons est un produit étendu pour lequel nous avons identifié non seulement un produit physique/service mais également des éléments associés et plus particulièrement une dimension d'apprentissage et de transmission des connaissances. Plusieurs types de connaissances peuvent être identifiés de cette façon.

1. connaissances produites au cours des différentes phases de conception, ainsi que tout au long du cycle de vie du produit interne à l'entreprise,
2. connaissances produites pendant la phase d'utilisation,
3. connaissances produites au cours de son entretien et de sa maintenance,
4. et finalement, connaissances générées par le produit lui-même lors d'une phase d'apprentissage direct avec celui-ci comme support.

**Proposition 2 :** Tout produit génère et/ou transmet de la connaissance au cours de son cycle de vie interne à l'entreprise.

Le produit est générateur de connaissances tout au long de son cycle de vie au sein même de l'entreprise. Cette génération se produit au cours de toutes les phases, de la détermination du besoin en passant par les activités de conception, de fabrication, de mise sur le marché, etc...

**Proposition 3** : Tout produit au cours de son utilisation génère et/ou transmet de la connaissance.

Souvent, les utilisateurs ont une perception d'un produit ou d'un service uniquement par ce qu'il induit dans l'action. Ils connaissent du produit son utilisation. Très souvent, les entreprises rédigent une somme d'informations sous forme de mode d'emploi afin d'aider les futurs utilisateurs à identifier la variété des services que le produit peut offrir. Il suffit de lire un manuel pour l'utilisation d'un lecteur de DVD ou bien celui pour l'utilisation d'une voiture. Dans ce cas, le produit est un vecteur opérationnel de transmission de la connaissance. Ce genre de comportement correspond à un ensemble spécifique de stratégies d'apprentissage : ce que nous appelons « apprendre en faisant ». Il en va de même des expériences des utilisateurs. Elles forment une source importante de connaissances pour les concepteurs des entreprises désireuses de faire progresser leur produit. C'est ce que nous pourrions appeler le retour d'expérience, «la génération de connaissances par le savoir-faire expérimental des utilisateurs », comme l'ont montré Clermont et Gutierrez, [Clermont, 02], [Gutierrez, 05].

**Proposition 4** : Tout produit associé à un processus de maintenance et/ou d'entretien génère et/ou transmet de la connaissance.

Aujourd'hui, de façon presque systématique, les fabricants pensent à la phase d'entretien du produit dès le début des phases de conception. Cette phase tend à être de plus en plus intégrée. Cela permet d'offrir avec le produit, une utilisation sans interruption. Deux systèmes d'entretien sont possibles : entretien préventif et curatif. Dans les deux cas, la connaissance produite est différente. Intuitivement, nous pouvons imaginer que la connaissance utilisée par les acteurs de la maintenance dans ces situations n'est pas identique à celle utilisée par les experts en matière de mise au point d'un service après-vente. La manière dont la connaissance nécessaire est proposée aux utilisateurs finaux peut améliorer leur fidélité ou au contraire les éloigner de l'entreprise et de ses produits.

**Proposition 5** : La capacité d'un produit à être ou non support de transmission de connaissances doit être envisagée comme une suite d'opérations de transformations systémiques et progressives en lien avec un référentiel (ou matrice curriculaire).

Cette dernière situation de génération de la connaissance correspond à la volonté d'une entreprise de mettre sur le marché un produit capable de transmettre un ensemble donné et construit de connaissances à un ensemble identifié d'apprenants, par exemple. En effet, en tant que praticiens de l'enseignement à l'université et dans diverses écoles, nous avons déjà des produits issus d'un contexte d'utilisation qui ne nous permettent pas de transmettre à des étudiants des notions ou connaissances dans des conditions satisfaisantes. Quelques fois les résultats sont complètement différents de ceux attendus. Les personnes en apprentissage désapprennent ! Notre future proposition intègre un ensemble d'outils et de méthodes pour aider les décideurs à mettre sur le marché des produits orientés didactiques spécifiques ou des produits destinés à transmettre des connaissances de façon efficiente. Ce modèle permet de faire une différence nette par rapport aux produits uniquement orientés utilisation. S'ils ne veulent pas utiliser leur produit comme vecteur de transmission de la connaissance, ils devront avoir assez d'éléments à leur disposition pour comprendre jusqu'à quel niveau le produit est simplement dédié à sa seule utilisation. Cette aide améliorera la potentialité stratégique globale de l'entreprise en déterminant un ou plusieurs facteurs de différenciation. D'ailleurs, nous pensons que ce nouveau « processus d'ingénition » produira un nouvel arrangement du processus de conception.

**Proposition 6** : Concevoir des produits c'est aussi apprendre à les concevoir.

Tout au long du processus d'ingénition, nous nous sommes attachés à montrer que non seulement concevoir un produit est un processus cognitif mais que le fait de l'observer et de le capitaliser sous certaines conditions permet d'en retirer des phases d'apprentissage. Ces phases de conception seront potentiellement réutilisables dans d'autres situations similaires ou pourront servir de base à la mise en œuvre de la compréhension de situations analogues ou différentes à celles vécues.

Dans la suite du document, nous proposons la description du macro-modèle du « processus d'ingénition » par une description/utilisation macroscopique de son fonctionnement agrémentée d'exemples simples. La description de l'environnement du futur produit, suivie de celle de la typologie du produit à concevoir par rapport à ses clients potentiels (utilisateurs

directs et indirects) permettra de mieux appréhender le modèle. Puis, une identification de la structure de l'entreprise dans une perspective « entreprise apprenante » est proposée, par une description du cycle de vie du produit basée sur l'identification des différents services internes de l'entreprise.

### 3. Le processus d'ingénition

Nous proposons, dans cette section, un cadre contenant un macro-modèle et des micro-modèles montrant les éléments de connaissances générées et leurs interdépendances ainsi que leurs décompositions successives en les utilisant comme leviers stratégiques. Ces idées se basent sur la création de nouvelles connaissances et leur conservation aussi bien pour les futurs clients du produit pour que les acteurs de la conception eux mêmes. Le principe d'utilisation du macro-modèle est montré de façon générique sur la Figure 1.C3.

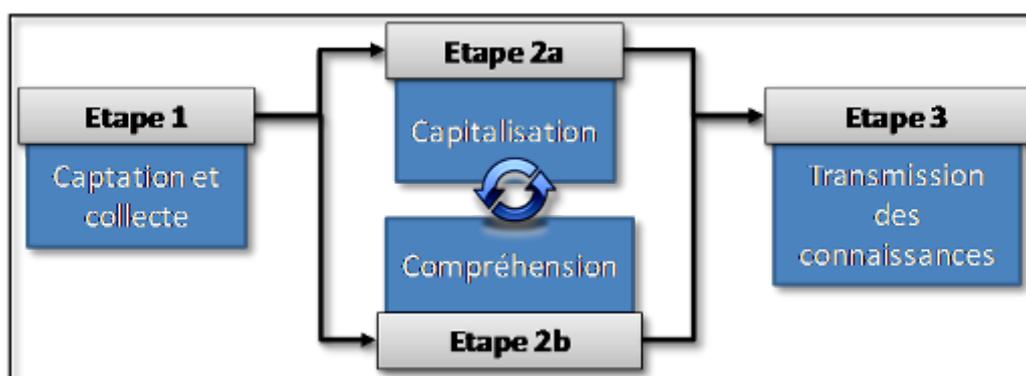


Figure 1.C3 : Principe Général

**Etape 1** : c'est une étape de captation et de collecte de données et d'informations permettant de décrire les compétences des acteurs de la conception. Cette étape permet de connaître et reconnaître les compétences identifiées au sein de la phase de conception. Elle permet de faire une recherche systématique de ces compétences. Elle pratique une veille de ces compétences qui se renouvellent sans cesse. Enfin, elle permet de corréliser l'ensemble des descriptions et décompositions des connaissances en évitant des descriptions doubles en spécifiant chacune d'elles. Cette étape voit les compétences captées et collectées décrites et décomposées en graphe de connaissances.

**Etape 2** : Elle permet, à la fois, de capitaliser les connaissances extraites (étape 2a) et de comprendre les interactions des connaissances entre elles (étape 2b). Les acteurs de la

conception étaient, la plupart du temps, interreliés et interdépendants sans analyse formelle. Grâce à cette modélisation et à sa capitalisation on peut non seulement analyser les graphes des connaissances mais aussi les penser dans une perspective d'expertise didacticienne et ainsi permettre de les reformuler. C'est dans cette étape que se concentrent les outils développés par notre équipe.

**Etape 3 :** Cette étape est une « réinjection » dans le processus cognitif de la conception de toutes les analyses et prises de décision de l'étape 2b. Ainsi, nous pouvons exprimer les transformations apportées aux graphes des connaissances par une diffusion et une publication grâce à une interface opérationnelle. De plus, il est prévu dans cette phase la mise en œuvre de l'apprentissage par un enrichissement continu des graphes de connaissances via « l'interface IP K5 » (Ingenition Process Knowledge 5). Grâce à ce système de communication collaboratif intégré à la phase de conception collaborative, il est permis de penser à une amélioration du processus de conception.

Nous allons maintenant passer à la description et à la démonstration de l'utilisation du modèle d'Ingénition. Ces modèles mis ensemble nécessitent une analyse de la situation au niveau des compétences. Ils sont illustrés au travers de cas réels étudiés au Chapitre 4.

Le processus global d'ingénition montré sur la Figure 17.C3 est basé sur un cycle qui étudie deux inducteurs initiaux communs que sont les compétences et les connaissances.

### 3.1 Etape 1 : Captation et Collecte des compétences.

La collecte et la cartographie des compétences se heurtent aujourd'hui à certaines limites que nous proposons de repousser. La vision parcellaire de ce type de description et la non prise en compte des informations stratégiques (structures, fonctions, outils, acteurs, formations) pour l'entreprise peuvent entraîner au cours de la conception, des erreurs susceptibles d'être nuisibles au développement de celle-ci.

Les compétences sont décrites en associant « homme et connaissances » dans un contexte donné. On décrit par collecte d'informations les compétences. Le lecteur pourra revenir sur les méthodes de collectes des compétences exposées et commentées dans l'état de l'art. (Voir Chapitre 2)

En tout premier lieu, la description des compétences des acteurs permet de générer des graphes de connaissances. Ainsi pour passer d'une compétence initiale identifiée, à une compétence finale souhaitée, il convient de la décrire.

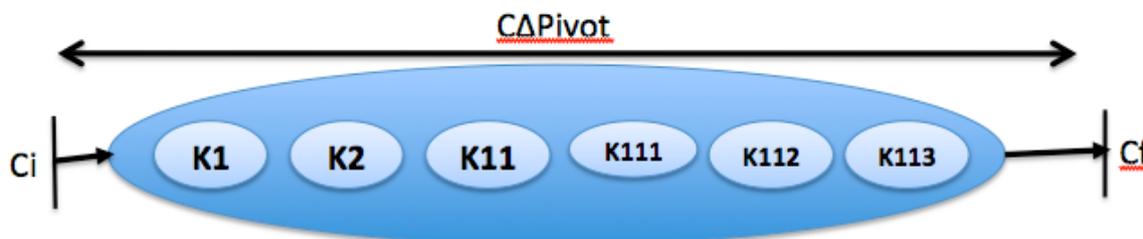


Figure 2.C3 : Graphe de connaissances issues de la collecte d'informations.

La décomposition de la compétence, montrée sur la Figure 2.C3, appelée  $C\Delta$  permet l'obtention de *graphes des connaissances expertes contextualisées*. De façon générale, comme le montre cette Figure 2.C3, la compétence identifiée «  $C\Delta$  » passant de  $C_i$  compétence initiale à  $C_f$  compétence finale est décrite ou décomposée grâce à des mots clés issus de diverses taxonomies. Nous proposons d'utiliser celle de Bloom par exemple dans [Bloom, 56]. Ainsi les mots utilisés pour décrire une compétence sont répertoriés en 6 niveaux distincts :

1. Niveau 1. Registre de la Connaissance :  
arranger, définir, dupliquer, étiqueter, lister, mémoriser, nommer, ordonner, identifier, relier, rappeler, répéter, reproduire.
2. Niveau 2. Registre de la Compréhension :  
classifier, décrire, discuter, expliquer, exprimer, identifier, indiquer, situer, reconnaître, rapporter, reformuler, réviser, choisir, traduire
3. Niveau 3. Registre de l'Application :  
appliquer, choisir, démontrer, dramatiser, employer, illustrer, interpréter, opérer, pratiquer, planifier, schématiser, résoudre, utiliser, écrire.
4. Niveau 4. Registre de l'Analyse :  
analyser, estimer, calculer, catégoriser, comparer, contraster, critiquer, différencier, discriminer, distinguer, examiner, expérimenter, questionner, tester, cerner.
5. Niveau 5. Registre de la Synthèse :  
arranger, assembler, collecter, composer, construire, créer, concevoir, développer, formuler, gérer, organiser, planifier, préparer, proposer, installer, écrire.

## 6. Niveau 6. Registre de l'Évaluation :

arranger, argumenter, évaluer, rattacher, choisir, comparer, justifier, estimer, juger, prédire, chiffrer, élaguer, sélectionner, supporter.

Il faut envisager cette taxonomie comme un guide sémantique pour les experts participant à l'extraction des connaissances.

Dans un premier temps, peu importe les niveaux dans lesquels se situent les descriptions. Il conviendra par la suite d'en faire une analyse plus fine.

L'exemple qui suit sur la Figure 3.C3, montre la décomposition de la compétence  $CA_{\Delta}$ , compétence qu'un acteur doit posséder lors de la conception d'une liaison pivot appelée ici  $CA_{\text{Pivot}}$ . Le « concepteur » décrit ce qui lui permet de passer d'un état de compétence initiale à un état de compétence finale. Il se place dans un premier temps, dans la position de celui qui sait par quelles étapes il a du passer pour acquérir cette compétence. Il se place alors dans le domaine de l'acquis ou de la compétence affirmée et validée. On peut écrire le résultat obtenu sous la forme  $CA = K_{\Delta} + \text{Expert}$

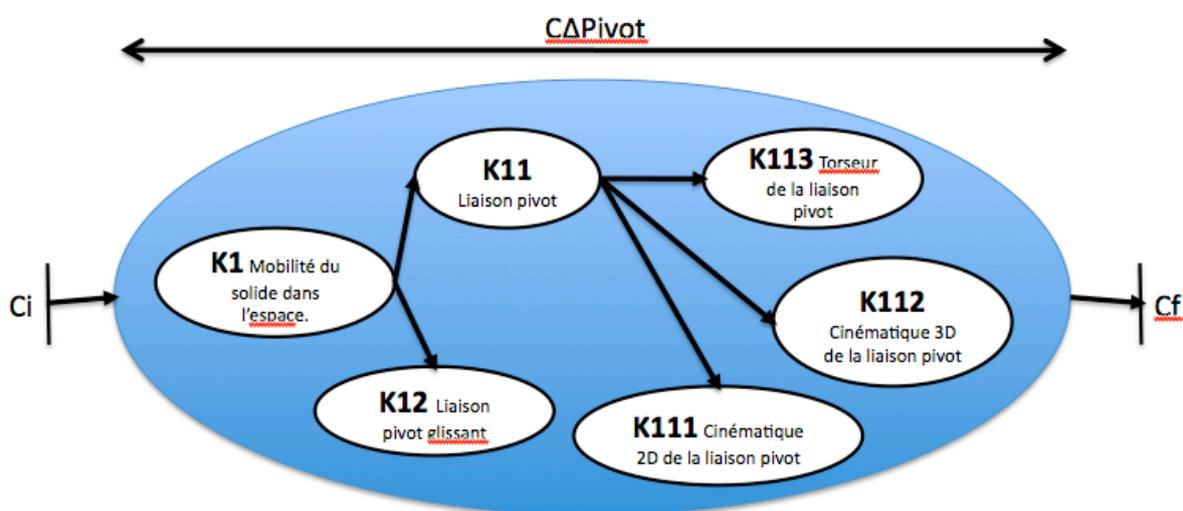


Figure 3.C3 : Exemple de graphe de connaissances expertisées  $CA_{\text{Pivot}}$

Le graphe des connaissances  $K_{\Delta}$  ainsi généré est un macro élément de la connaissance recueillie, structuré et utilisable par les acteurs du processus de conception. On voit sur la Figure 3.C3 que le concepteur a proposé de décrire une liaison pivot et une liaison pivot glissant (la liaison pivot glissant n'est pas détaillée). Cette décomposition/description peut maintenant être capitalisée grâce à l'interface numérique. Ces graphes de connaissances sont

obtenus au cours de diverses séquences de collectes d'informations sous forme d'audits des acteurs au cours des différents raisonnements ou processus de conception. Ces audits sont menés par des experts concepteurs spécialistes de la didactisation du processus de conception. La décomposition de  $C\Delta$  permet l'obtention de graphes des connaissances expertes contextualisées. Les graphes des connaissances  $K\Delta$  sont des macroéléments de la connaissance recueillie, structurés et utilisables par les acteurs du processus de conception. Formellement nous pouvons modéliser cette interaction principale par  $K\Delta \xrightarrow{L} C\Delta$ . La ligne verticale représente la séquence de formation. La transformation des compétences en connaissances emploie des supports particuliers et variés. Un ou plusieurs "Objet(s) d'apprentissage" (ou Learning Object)  $\{LO\}$  peut (peuvent) supporter ce processus, modélisé par :  $K\Delta \xrightarrow{i\{LO\}} C\Delta$ . Par exemple, le progiciel mis en application dans un robot et le robot lui-même représentent deux objectifs d'apprentissage pour un objectif d'apprentissage particulier. Voir, par exemple, les écrits de Bourda dans [Bourda, 00].

D'un point de vue générique, il est possible de décomposer  $K\Delta$  en une séquence d'éléments de connaissances détaillées et dépendantes les unes des autres. Le schéma de la partie gauche de la Figure 4.C3 représente ce graphe.  $C_i$  et  $C_f$  représentent respectivement le niveau initial et final de la compétence des concepteurs novices par exemple.  $C\Delta$  correspond alors à la différence entre ces deux niveaux de compétence. Dans l'ellipse bleue, nous pouvons voir le graphique des éléments interdépendants de la connaissance. L'ellipse modélise la frontière du processus d'ingénierie. Chaque couple d'éléments de la connaissance est connecté ensemble par un lien de dépendance. Par exemple,  $K_1$  est un élément nécessaire de la connaissance pour  $K_2$  (base de l'électricité,  $K_1$ , est exigée pour la compréhension du fonctionnement d'un transistor,  $K_2$ ). Ce graphique, qui montre comment apporter des connaissances à des concepteurs novices, est supporté par un ensemble d'objectifs d'apprentissage.

### 3.1.1 Les règles de construction des graphes.

Comme nous l'avons vu précédemment, on passe d'une compétence  $C_i$ , compétence initiale à une compétence finale  $C_f$  par un réseau de  $K_n$ , connaissances interliées. Les règles de collecte des connaissances collectées peuvent se traduire par :

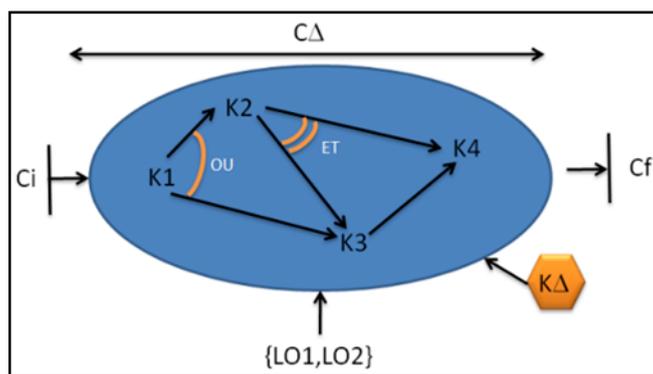


Figure 4.C3 : Graphe de connaissances expertes contextualisées.

1. Identification de la connaissance principale appelée  $K_n$
2. Identification des pré-requis nécessaires à cette connaissance. C'est le niveau juste supérieur nécessaire et suffisant à celle-ci.  $K_{n-1}$ .
3. Identification des éléments de base structurant la connaissance principale. De quoi a-t-on besoin pour donner une définition claire et compréhensible de la connaissance envisagée ? Quelles sont les définitions minimales dont l'acteur a besoin pour appréhender la connaissance ?
4. Ne pas descendre dans les niveaux de connaissances de plus de trois fois ; le risque étant une trop grande complexité.  $K_{n+1}$ ,  $K_{n+2}$ ,  $K_{n+3}$ .
5. Respecter les règles de construction du graphe suivantes :
  - a. Antécédence : La compréhension et la description de  $K_j$  n'est pas possible sans explication de  $K_i$ . Dans ce cas-ci,  $K_i$  est un antécédent de  $K_j$  (Exemple : La représentation d'une matrice est nécessaire avant la représentation modélisée des torseurs mécaniques).
  - b. Parallélisme : La compréhension de  $K_i$  et  $K_j$  est indépendante.  $K_i$  et  $K_j$  peuvent être expliquées sans se référer l'une à l'autre. (Ex. : La loi d'Ohm et la loi de Newton).
  - c. Simultanéité :  $K_i$  et  $K_j$  devront être traitées en même temps. Toutes les propriétés (plusieurs éléments de connaissance: transitivité, commutativité ...) de l'algèbre de Boole devront être traitées simultanément.

Ce graphe représente  $K_\Delta$  et il peut servir lors de descriptions futures qui seront proches ou similaires. Il est ainsi possible de disposer des bibliothèques de macrostructures permettant de bâtir des graphes plus complexes en utilisant ces briques de base.

Après la capture, la collecte et la description de ces informations, les connaissances concernant les compétences nécessaires à la conception du produit sont stockées dans un macro-modèle appelé GMPI : « Grille du Macro-modèle du Processus d'Ingénition », afin de déterminer les orientations stratégiques de l'entreprise en termes, par exemple, d'investissements en homme et matériel ainsi qu'en termes de formations internes pour les employés et les stratégies externes concernant les futurs clients.

### **3.2 Etape 2 : Capitalisation et compréhension des graphes.**

Nous avons vu que le but principal du « processus d'ingénition » est de proposer une décomposition des compétences via des graphes de connaissances, de les stocker, de les capitaliser et ensuite de les recomposer sous forme de graphe de connaissances, en séquences capables de transmettre ces nouvelles connaissances aux acteurs de la conception. C'est cette boucle vertueuse passant de la décomposition des compétences  $C\Delta$  en graphe des connaissances expertes contextualisées pour arriver à une recombinaison de ces graphes de connaissances pour en faire de nouvelles compétences, que nous allons maintenant regarder de plus près.

#### **3.2.1 Grille GMPI du macro modèle.**

La grille (Figure 5.C3) appelée GMPI, « Grille du Macro-modèle du Processus d'Ingénition », se situe au centre du processus d'Ingénition. Elle permet l'activation des étapes 2a et 2b (Figure 1.C3). De plus, elle permet d'établir une sorte de carte d'identité du produit dans son environnement cognitif. Elle se décompose en 4 parties :

1. Une échelle située dans la partie supérieure. C'est l'échelle de l'Environnement Social et Culturel. Partie descriptive et évaluatrice de l'environnement social et culturel de l'entreprise et du produit. Cette évaluation varie entre contraintes faibles et contraintes fortes.
2. Juste en dessous de cette première échelle se trouve l'échelle Client : Partie descriptive et évaluatrice de la pratique que le client a ou aura du produit. Cette échelle est associée à un outil qui a une double vocation :
  - a. Permettre la mesure des attentes du futur client
  - b. Permettre l'analyse des alternatives de conception

Cet outil appelé « Matrice LRI » est montré dans la section (4.1) de « Outils associés ».

3. Une partie centrale de la grille : Capitalisation et Trace des Graphes des connaissances expertes contextualisées. Cette partie centrale schématise le stockage de tous les graphes décrits précédemment. On remarque la décomposition de cette capacité de stockage dans les différents services de l'entreprise. Cette partie est associée à un outil IP K5 montré dans la section (4.2) de « Outils associés ».
4. Une échelle comparative Interne/Externe des forces et faiblesses de l'entreprise. Cette description est basée sur la décomposition, service par service, de l'ensemble du cycle de vie du produit. Pour l'instant, aucun outil spécifique n'a été développé.

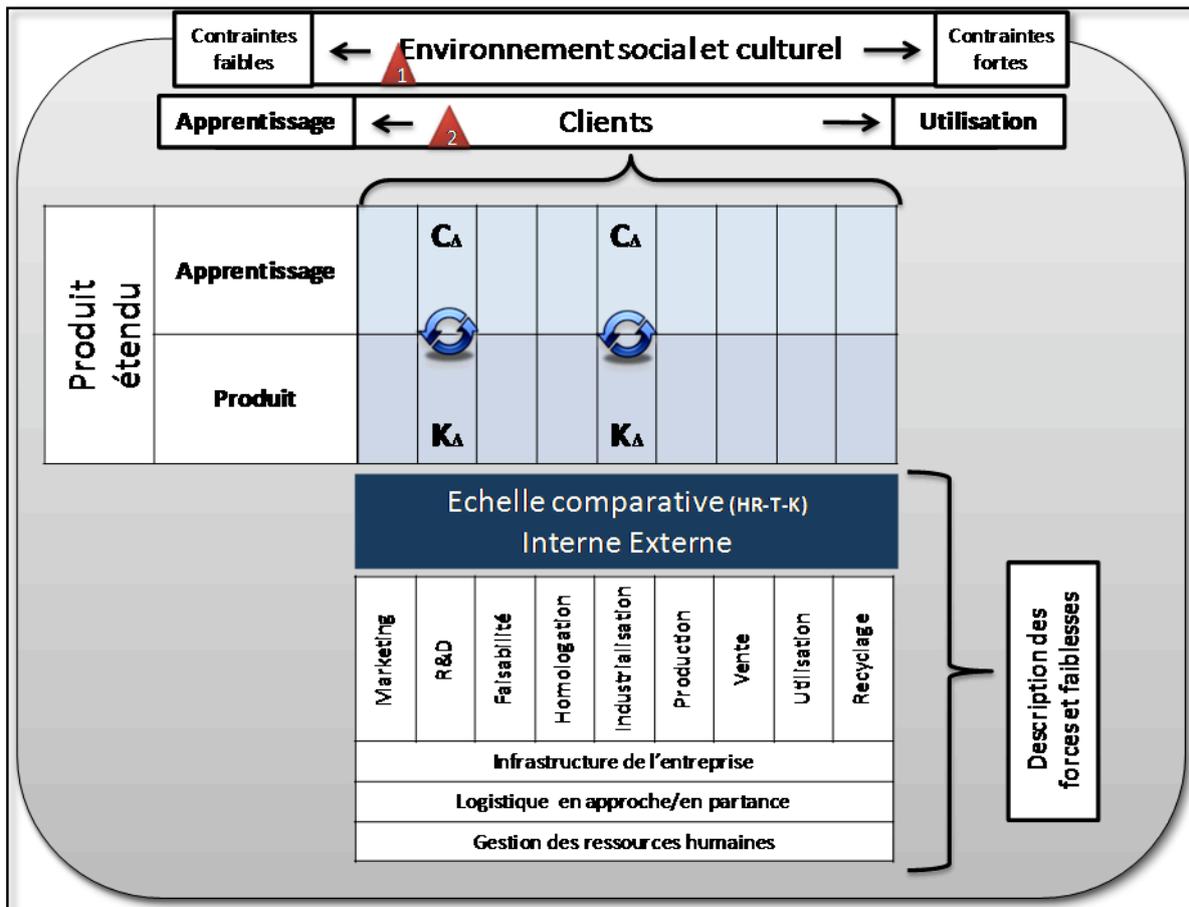


Figure 5.C3 : Grille du GMPI, Macro-modèle du Processus d'Ingénition.

Après la description macroscopique de la grille, nous proposons une description plus détaillée de celle-ci.

Quand un chef de projet au sens de Nonaka [Nonaka, 00] conduit sa mission, il devrait avoir une vue « fonctionnelle-croisée » de celui-ci (vue horizontale). En étendant cette notion à tout le cycle de vie de produit, il peut voir que le processus d'apprentissage est intégré dans les phases de cycle de vie. Cela signifie qu'il existe un processus d'apprentissage parallèle à tout

le cycle de vie du produit. Ce n'est évidemment pas le cas des décideurs stratégiques qui n'ont, très souvent, qu'un point de vue fonctionnel (ou vue verticale) d'une partie du système ou du processus complet. Cela signifie que pour un projet donné au cours de son développement, il pourrait être nécessaire de modéliser toute l'étude dans un modèle global couvrant l'ensemble des processus d'apprentissage verticaux et horizontaux. L'emploi de la Grille GMPI pour représenter ces deux vues complémentaires du même processus d'apprentissage (Figure 5.C3) rend possible l'identification, de la plupart des éléments indispensables au développement du futur produit.

- **Echelle de l' « Environnement Social et culturel ».**

Les contraintes sociales et culturelles dans lesquelles gravitent l'entreprise et le produit doivent être prises en compte. En schématisant ces contraintes par la position relative d'un curseur sur une échelle continue (Figure 6.C3), le contexte socioculturel de l'environnement du produit est ainsi positionné entre contraintes fortes et faibles. Une analyse d'experts permet la définition de cette position relative.



Figure 6.C3 : Echelle de l'environnement social et culturel du macro modèle du processus d'ingénierie.

Ce curseur se positionne sur une échelle ouverte<sup>1</sup>. L'appréciation et la description des critères sont en constante évolution. Cette partie n'a pas été développée de façon très précise parce que développer une méthode de caractérisation des critères environnementaux n'est pas véritablement le champ de cette recherche. Il est néanmoins montré en Annexe 1 différents critères susceptibles d'être utilisés issus du système Ethibel [Ethibel, 08]. De nombreux cas de produits lancés sur différents marchés nationaux ou internationaux ont montré des carences issues d'une mauvaise perception de la réalité sociale et culturelle du pays. En effet, on peut donner en exemple la Marque Vittel© qui a voulu vendre ses bouteilles dans un pays africain. Le signe du V de la victoire vantant les bienfaits de cette eau est apparu comme un signe à connotation négative. Cet exemple précis, mais non isolé, montre la grande importance de la compréhension des facteurs sociaux et culturels. On distingue dans la littérature, différents critères qui vont du plus générique au plus spécifique. Ils se différencient selon plusieurs

<sup>11</sup> Est entendu par « échelle ouverte », une graduation non limitée et possible en fonction de la spécificité de chaque entreprise ; la mise au point de cette échelle est fonction des choix stratégiques de l'entreprise.

types décrits par Flück [Flück, 01] : les critères généraux, les critères politiques, le territoire, les critères économiques, les critères sociaux internes et externes. Ils se différencient aussi selon les critères décrits par Allouche [Allouche, 04], les critères de l'environnement culturel, les critères de l'environnement de communication tels que les décrit Akoun, [Akoun, 98], les critères de l'environnement législatif ainsi que les critères liés à l'environnement écologique.

- **Echelle client**

Nous avons besoin de connaître quelle est la valeur supposée du produit par rapport aux attentes des futurs clients. Un outil (Matrice LRI) développé et montré en détail plus loin, peut être utilisé de deux manières différentes :

1. Dans le cas d'une conception d'un produit destiné à l'apprentissage, on peut se servir de cet outil pour mieux définir les attentes des futurs clients. Grâce à une succession de critères mis au point par des experts du domaine, le futur client fera émerger après questionnement les points forts qu'il souhaite pour le futur produit.
2. Dans le cas d'une reconception ou analyse d'un produit concurrent ou existant (amélioration des caractéristiques), cet outil permet la comparaison des différentes solutions techniques retenues au cours de la conception.

Cas 1 : En effet, il peut être utilisé dans le but de mieux définir les attentes des futurs clients directs ou indirects en fonction de leur niveau ou de leur parcours. Cet outil est envisagé comme une aide à la description du produit que l'on doit reconcevoir ou du produit que l'on va concevoir en comparant le produit envisagé à un produit existant. Cet outil permet de donner des indications claires sur les points forts et points faibles du produit destiné aux futurs clients directs ou indirects. Ainsi nous avons mis au point une matrice dite matrice LRI (Figure 19.C3), (Learning Relevancy Indicator) (Indicateur de pertinence d'apprentissage) qui, par un jeu de questions ouvertes et fermées, permet de montrer les écarts entre la pertinence des différentes solutions proposées pour un même produit au regard de sa capacité d'apprentissage.

Cas 2 : Cet outil a été utilisé pour un cas de « reconception – amélioration » d'un produit existant pour une entreprise désireuse de mettre sur le marché un produit nouveau permettant de transmettre des connaissances spécifiques en mécanique et électronique.

- **Périmètre des connaissances générées**

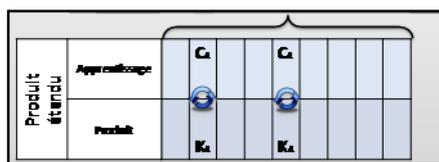


Figure 7.C3 : Périmètre de la génération des  $K\Delta$  et des  $CA$

Sont identifiées dans ce périmètre la totalité des connaissances et compétences de l'étude envisagée. La considération de ces diverses dépendances pourrait définir directement la manière dont les objectifs d'apprentissage sont employés (situation « Graphe des connaissances expertes contextualisées »). En analysant ces scénarii, les compétences cibles d'une situation d'apprentissage, les objets d'apprentissage, leurs connexions et les décisions stratégiques d'apprentissage, recensés dans le macro-modèle d'ingénierie, il est possible d'établir des solutions d'apprentissage de substitution (le graphe du côté droit de la Figure 8.C3); (situation « graphe des connaissances transmissibles »).

Chaque alternative d'apprentissage définit précisément :

1. les compétences cibles ou finales,
2. les objets d'apprentissage nécessaires, et
3. le graphe des dépendances des connaissances.

La définition de ces alternatives impose des contraintes structurelles et fonctionnelles pour les objets d'apprentissage et leur réalisation.

Le graphe de dépendance des connaissances ainsi obtenu est basé sur l'analyse des compétences cibles ou finales,  $C_f$ , appelé le « graphe de dépendance primaire ». Basés sur le choix des objets d'apprentissage, des graphiques complémentaires peuvent être ajoutés au graphique primaire afin de laisser les clients indirects « concepteurs novices » atteindre les compétences cibles. Ces graphiques complémentaires sont appelés graphes auxiliaires, leur existence et leur complexité peuvent donner une indication claire de l'efficacité de l'apprentissage. Utiliser un moteur à combustion pour montrer une liaison pivot exige des connaissances complémentaires très importantes pas nécessairement les plus simples ni les plus judicieuses pour un élément de connaissance de départ plutôt élémentaire.

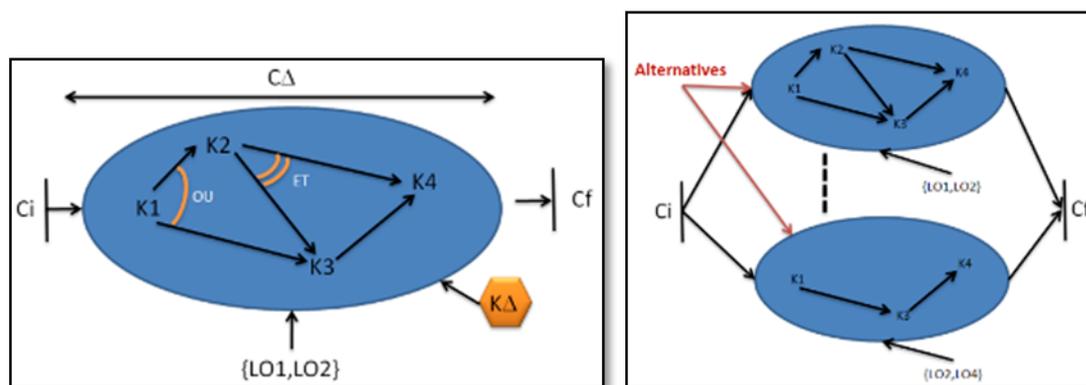


Figure 8.C3 : Alternative de graphes de connaissances

La confrontation des acteurs de la conception et des connaissances qu'ils génèrent avec leur environnement social et culturel, les outils symboliques et sémantiques qu'ils utilisent tout au long des différentes phases de conception, ainsi que les objets qu'ils mettent en œuvre, sont les trois éléments majeurs qui émergent de toutes les situations de conception collaborative. Ainsi, en considérant ces trois dimensions spécifiques, en les confrontant aux graphes des connaissances, il apparaît pertinent de se servir de ces dimensions pour augmenter la lisibilité, la valeur et la transmission des connaissances ainsi générées.

### 3.3 Etape 3 : Transmission des connaissances par les graphes de connaissances augmentés.

Nous proposons de passer par une instrumentation particulière ébauchée il y a quelques années par la "logique d'instrumentation" de Rabardel dans [Rabardel, 95] complétée par Hostein dans [Hostein, 96]. Elle trouve aujourd'hui une application intéressante non prévue initialement.

Un élément de connaissance peut être décomposé dans trois espaces différents :

1. Un espace environnemental, social et culturel très dépendant des schémas et représentations mentales de l'univers dans lequel gravitent les acteurs de la conception. Cet espace environnemental, social et culturel montre que les acteurs sont en interrelation forte au cours de leurs activités collaboratives de conception avec leur environnement qu'ils soient communs ou spécifiques.
2. Un espace symbolique et sémantique qui relève de la représentation théorique des concepts échangés entre les individus ou systèmes considérés.
3. Un espace à proprement parler plus centré sur le produit lui-même.

Ainsi se dessinent trois espaces ; c'est pour cela que nous évoquons donc une « Triple Instrumentation ». Le principe est l'interrogation ou l'examen systématique de toutes les actions pratiques ou intellectuelles à un triptyque énoncé de la façon suivante. Lorsque l'on décrit une connaissance, elle trouve trois sortes de réponses à trois questions différentes :

Quels sont les trois liens qui composent cette connaissance ? Ces liens sont issus :

1. d'une instrumentation sociale. La relation entre individus, la relation individu à individu, la connaissance de soi participe à la résolution des problèmes. De plus, l'environnement dans lequel se situe la conception n'est pas totalement indépendant du résultat obtenu. Les influences culturelles, sociales et environnementales sont autant d'éléments divers capables et susceptibles d'influencer une prise de décision lors de la conception. L'ensemble de ces facteurs peut être décrit par l'intermédiaire de cette instrumentation.
2. d'une instrumentation symbolique et sémantique. La démonstration, l'explication, la résolution passent parfois par une schématisation normée, par des signes explicites, par des mots ayant une signification commune à la communauté considérée. Dans cette instrumentation, nous retrouvons l'ensemble des codes et langages qui fondent la communauté technique et scientifique. On voit bien que cette instrumentation est fondamentale dans l'acte de conception lui-même. De nombreuses règles, lois et stratégies de conception sont normées et bornées par des théories aussi diverses que variées.
3. d'une instrumentation objectale. L'objet peut-il être le vecteur d'une explication, d'une connaissance, d'une solution, d'un témoignage, d'une démonstration, ... on voit par là que l'objet est un vecteur essentiel du dispositif de description des connaissances envisagé dans le processus d'ingénierie ; il est en permanence interrogé au regard des deux autres instrumentations ; il peut, et c'est très souvent le cas, servir d'exemple à une démonstration qui s'avère trop complexe ou servir de support de développement à un nouveau produit.

Ainsi chaque connaissance  $KA$  va être contextualisée avec trois instruments différents. On remarque sur la Figure 9.C3, les blocs interconnectés entre eux par des connecteurs « triple instrumentés ». Il est recommandé dans le processus d'ingénierie d'essayer d'interconnecter les connaissances en utilisant l'ensemble des trois connecteurs. Il apparaît de façon récurrente

que le simple fait de se poser la question du symbolique, du social ou de l'objectal, favorise la recherche de solutions viables, efficaces et performantes.

On peut appliquer cette façon de décomposer de façon itérative jusqu'à arriver à un niveau de décomposition en dessous duquel la décomposition devient trop complexe. Les experts décident d'un niveau de granularité conforme au domaine d'étude concerné.

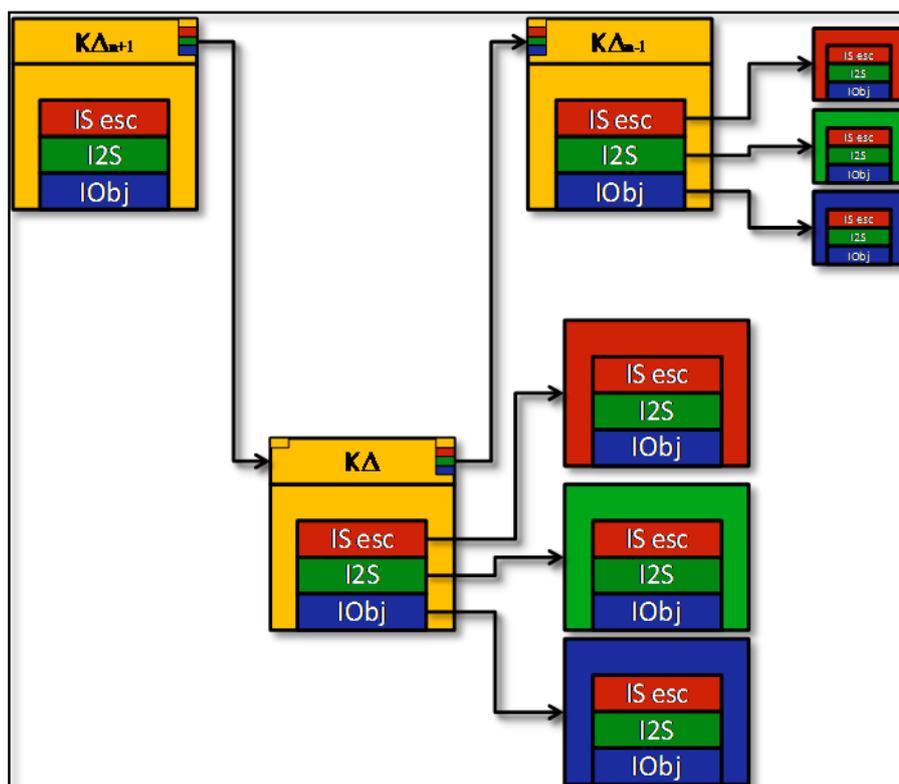


Figure 9.C3 : Application de la Triple instrumentation dans la décomposition des KA.

Les différentes connaissances KA issues des graphes des connaissances expertes contextualisées montrées précédemment (voir Figure 8.C3) font maintenant l'objet d'une analyse didactique spécifique permettant de les réorganiser. La « Triple Instrumentation » permet de simplifier le réseau en faisant apparaître des possibles redondances.

De plus, cette décomposition plus fine, permet de mettre en évidence, des informations nécessaires aux décideurs, en effet, la personne chargée de la stratégie de l'entreprise peut, en interrogeant le système, se rendre compte de plusieurs choses concernant ses services :

1. Le niveau de compétences des acteurs
2. Le niveau d'interrelation de ceux-ci avec les autres acteurs
3. Le niveau de compétences en interne et en externe

4. Les investissements, en termes de moyens matériels, à faire pour tenir un niveau de qualité
5. Les recrutements à décider en fonction des lacunes que le système met en évidence
6. Le niveau d'adéquation entre responsabilités et compétences des acteurs. (stratégie de promotion interne)
7. L'opportunité de déclenchement des formations qualifiantes

Ci-après nous allons détailler les différents éléments de la triple instrumentation.

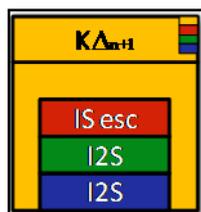


Figure 10.C3 : KA

Lorsqu'une entité, représentée sur la Figure 10.C3, est décrite dans un processus, il apparaît le besoin de connaître : sa constitution, par qui elle est incarnée et l'état de ses relations dans son environnement, les théories qui fondent son existence et les objets qui permettent sa mise en œuvre. La couleur de la « boîte » initiale est le «orange ». Elle est appelée aussi  $K\Delta$ .



Figure 11.C3 : IS esc

IS esc : désigne l'instrumentation sociale issue de l'environnement social et culturel (Figure 11.C3). Sont regroupés sous cette appellation, les textes de références (lois, règlements, normes) ainsi que l'ensemble des acteurs et structures constitutives du corpus social de l'entreprise ou de l'entité considérée (Acteurs du processus, intervenants internes ou externes divers, etc.). Par convention, la couleur associée à cette boîte est le «rouge».

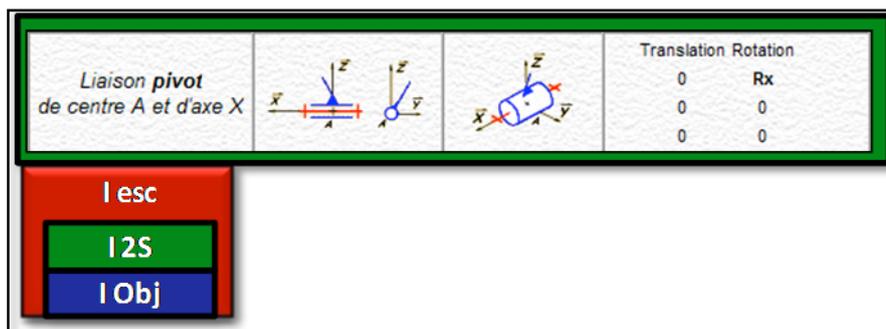


Figure 12.C3 : I2S

I2S : désigne l'instrumentation symbolico-sémantique (Figure 12.C3). C'est l'ensemble des données, des éléments théoriques permettant une meilleure compréhension de la chose décrite. C'est l'ensemble des documents théoriques (formules, définitions, schémas explicatifs, etc.) permettant d'étayer le sujet traité. Cette description des connaissances est associée à l'acteur lui-même ou bien au domaine en train d'être étudié. C'est une sorte d'état des lieux des connaissances qui sont décrites et réutilisables à n'importe quel moment. Par convention, la couleur de cette « boîte » est le «vert»

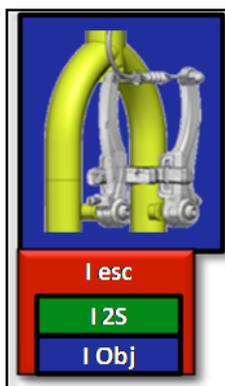


Figure 13.C3 : I Obj

IObj : désigne l'ensemble des supports (physiques, réels, virtuels) permettant de mettre en œuvre la réalité des connaissances dans un processus d'opérationnalisation (Figure 13.C3). Ce sont les éléments permettant l'opérationnalisation. Par convention, la couleur associée à cette « boîte » est le «bleu»

## Récapitulatif :

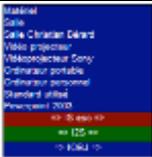
L'entité à décrire KA	Acteur concerné Texte de référence	Théorie	Objet ou matériel supports
			

Figure 14.C3 : Connaissances KA et ses trois dimensions

### 3.4 Capitalisation appliquée au modèle de la valeur ajoutée.

La partie inférieure du réseau utilise le modèle de la valeur ajoutée développé par Porter [Porter, 96]. Le principe de cette partie est de montrer que tous les services impliqués dans un fonctionnement optimal et les supports du processus de développement d'un nouveau produit sont présents simultanément. Le modèle peut alors se déployer dans tous les secteurs d'activité de l'entreprise. C'est une volonté forte de capitaliser les connaissances tout au long du cycle de vie du produit. Cette partie de la grille récapitule le résultat d'une analyse stratégique, tactique et opérationnelle de la production de connaissances au niveau de chaque fonctionnement primaire des entités spécifiques de l'entreprise.

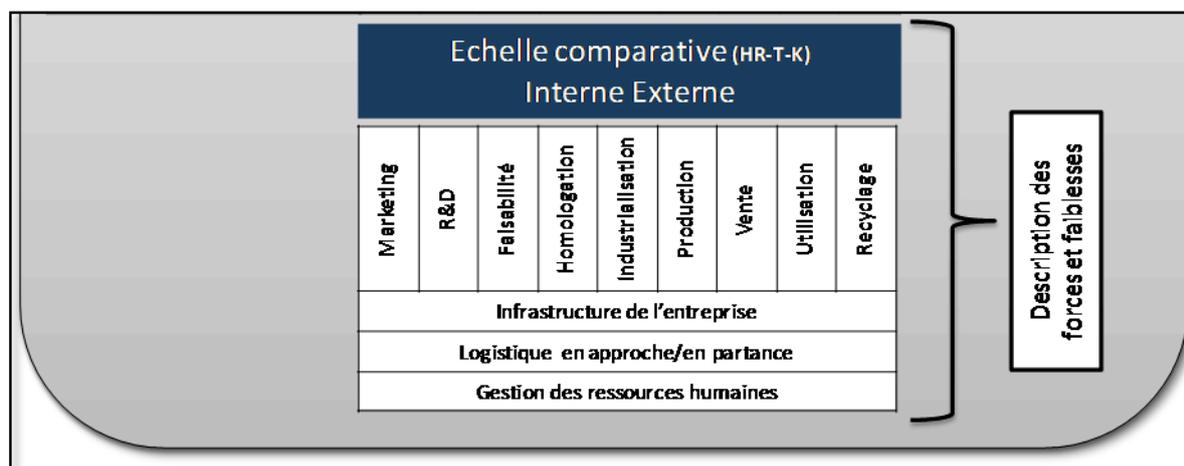


Figure 15.C3 : Génération des connaissances tout au long du cycle de vie du produit

Cette décomposition permet une analyse comparative de la situation dans divers secteurs. L'analyse des informations au sujet des ressources humaines (compétences), outils (outils, procédés et infrastructures) et connaissances identifiables et disponibles dans les différents services, est faite par l'intermédiaire de la plateforme de saisie IP K5, sur le réseau dans [IP

K5, 08] développée en interne à l'heure actuelle. L'objectif est de recenser rapidement ce que l'entreprise sera en mesure de mettre en œuvre par ses propres moyens et ce qu'elle sera obligée de chercher à l'extérieur. Ainsi, elle pourra envisager les investissements nécessaires ou les ajustements appropriés à consentir. La grille s'enrichit d'une échelle de comparaison ouverte à trois facteurs différenciés. En effet, dans chaque service, on peut évaluer quelles sont les ressources disponibles susceptibles d'être intégrées dans le processus de génération des connaissances. Que ce soit en tant que « génération pure » ou en tant qu'aide ou facteur facilitateur à la génération de ces connaissances.

Au niveau du cycle de vie, les outils d'étude sont :

1. Les outils génériques (logiciel de traitement de texte par exemple) et outils spécifiques (un logiciel de CAO).
2. La connaissance générique (lois mécaniques...) et la connaissance spécifique représentant le savoir-faire des entreprises (découpage laser...), etc.
3. Les ressources humaines en liaison avec les compétences décrites plus en amont.

Les décideurs de différents niveaux doivent être capables de les identifier, à l'intérieur ou en dehors de l'entreprise. Ils peuvent acheter ou signer des contrats avec des sous-traitants "les emprunter" ou acheter des services. En définitive, cette partie est la porte d'entrée entre la génération des connaissances et les moyens à mettre en œuvre par l'entreprise pour la faire perdurer et progresser. Ainsi, la grille inclut trois ensembles d'indicateurs, les outils, les ressources humaines, la connaissance. (Voir Figure 16.C3).



Figure 16.C3 : Echelle comparative des ressources humaines, des outils et des connaissances.

Cet outil mérite un développement plus conséquent. Nous montrons en conclusion les perspectives et pistes qui seraient intéressantes à développer.

En résumé, nous venons de montrer en détail les différentes étapes du processus d'ingénierie (Figure 17.C3). Ainsi, après avoir collecté les compétences (Cf section 3.1), nous sommes passés à la mise au point des graphes de connaissances (Cf section 3.2) par un processus de capitalisation et d'analyse. Des règles (Cf section 3.1.1) pour tracer ces graphes ont été énoncées ainsi que le périmètre dans lequel se situait l'ensemble possible de ces graphes. Enfin, nous avons proposé de mettre au point des graphes de connaissances augmentés (Cf section 3.3) par un processus appelé « Triple instrumentation ».



Dans la suite du document, nous montrons le développement d'outils associés à cette grille. Nous montrons aussi que ces micros-modèles peuvent non seulement servir lors des phases de conception – problématique principale de notre recherche – mais qu'ils peuvent aussi s'appliquer à tous les services de l'entreprise. Deux outils associés sont montrés :

1. La matrice LRI (Learning Relevancy Indicator)
2. L'interface opérationnelle IP K5 (Ingenition Process Knowledge 5)

## 4. Les outils associés

### 4.1 La matrice LRI

Cette matrice permet de montrer les alternatives possibles entre plusieurs solutions pour des produits différents ayant la même vocation et la même clientèle. Cet outil permet de collecter, de stocker, d'analyser, et d'aider à la décision. Il peut être utilisé par l'entreprise pour interroger ses clients ou bien pour analyser des solutions de conceptions alternatives. Son principe général est de « positionner » un curseur entre deux positions distinctes en donnant une valeur à un indice appelé indice LRI (Learning Relevancy Indicator).

Il permet de répondre à deux questions :

1. Le produit en train d'être conçu ou déjà conçu est-il dédié à l'utilisation ?
2. Le produit en train d'être conçu ou déjà conçu est-il dédié à l'apprentissage ?

Cet outil a le mérite de reprendre la décomposition des compétences attendues lors de la conception. Il permet, de plus, d'analyser le résultat de cette conception ou des choix faits lors de cette conception. Il devient possible alors de montrer s'ils sont compatibles avec les attentes des clients.



Figure 18.C3 : Echelle Clients

#### 4.1.1 Elaboration de la Matrice LRI

La matrice est construite de la façon suivante :

1. Les critères  $C_i$  en colonne sont évalués sur 4 niveaux différents. L'échelle va de 1 à 4, 1 Très insuffisant et 4 Très satisfaisant. Les niveaux peuvent être adaptés à la question posée. En effet on peut très bien simplifier la pertinence de la réponse. 1 non, 4 oui.
2.  $P_i$  est une pondération possible des critères. Ces pondérations sont définies au début de l'étude et restent identiques pour toutes les évaluations des experts.
3.  $W_i$  en ligne est l'identification de l'expert qui fait l'analyse. Les experts sont choisis parmi des experts en didactique des Sciences et Techniques Industrielles par exemple.

	C1	C2	C3	C...	Cn
	p1	p2	p3	p...	Pn
W1	1	1	1	2	1
W2	1	2	1	3	1
W3	1	2	3	1	1
W...	1	4	2	3	1
Wm	1	3	2	1	1

Figure 19.C3 : Matrice LRI

Le nombre de critères peut varier à l'infini, les coefficients de pondération peuvent être modifiés ou non, et le nombre d'experts peut lui aussi varier à l'infini. Différents critères d'évaluation sont présentés dans le tableau suivant (Tableau 1.C3).

Analyse structurelles et fonctionnelles	Analyse symbolique et sémantique	Analyse du comportement de l'objet dans la phase d'apprentissage
Indice de transparence. Possède-t-il des éléments qui permettent de voir les structures internes?	Le produit est-il en conformité avec les IO.?	Nécessite du présentiel
Niveau de l'accessibilité interne	Contenus respectant la rigueur scientifique	Apporter à l'enseignant une amélioration certaine au regard de supports plus traditionnels
Possède déjà un label de type RIP (Reconnu d'Intérêt Pédagogique)?	Nécessite des notations spécifiques	Améliore de façon certaine la pratique de l'enseignant au regard de supports plus traditionnels
Taux d'affordance. Le produit donne une indication par lui-même de son utilisation	Nécessite des formules spécifiques	Facilite la mise en œuvre de situations d'apprentissage
Modularité	Nécessite des définitions spécifiques	Permet de gérer l'hétérogénéité
Nécessite un support audiovisuel	Le langage utilisé est correct	Favorise l'autonomie
Nécessite une interface numérique	Possède une terminologie spécifique	Permet une analyse critique de l'erreur
Nécessite une aide en ligne		S'intègre facilement dans un processus didactique existant
Enregistrement des réponses données		Permet un suivi de la progression
		S'adapte au niveau de l'apprenant
		Permet une variation des modes d'intervention
		S'intègre facilement dans l'organisation de la séance de cours
		Facilite le travail individuel
		Facilite le travail à deux
		Facilite le travail par petit groupe
		Facilite le travail en groupe classe

Tableau 1.C3 : Critères d'évaluation de la matrice LRI

Les critères d'évaluation que nous proposons, correspondent pour le moment à une étude réalisée sur une série de produits proposés à la vente pour l'enseignement de la Technologie en collège. Ce sont des trottinettes électriques permettant de transmettre les connaissances relatives au référentiel des classes de 6<sup>ème</sup> de collège. La liste des critères n'est pas exhaustive. Nous avons séparé les critères en trois typologies distinctes permettant des analyses différenciées :

1. Analyse structuro-fonctionnelle
2. Analyse sémantique et symbolique
3. Analyse du comportement physique de l'objet en phase d'apprentissage

Ces typologies et listes peuvent évidemment être adaptées aux besoins des clients. Il suffit pour cela de faire une étude fine et précise des attentes des clients ; les critères d'évaluation ne sont pas essentiellement énoncés par les experts du domaine. On peut envisager la détermination des différents critères par des acteurs de la conception eux-mêmes experts ou non ou bien des acteurs des autres services de l'entreprise.

#### 4.1.2 Méthode de calcul de l'indice LRI

Chaque expert  $W_i$ , au cours de l'analyse du produit proposé va émettre un avis.

$$W(\text{expert}) = p_1.C_1 + p_2.C_2 + \dots = \sum_i p_i C_i \quad \text{Équation 1}$$

Avec  $C_i, i \in \{1, 2, \dots, n\}$  les critères de l'évaluation et  $P_i \in [0, 1]$  coefficients de pondération.

Ainsi on obtient une valeur somme que l'on pourra transformer en note globale en fonction de l'avis de l'expert. Pour les  $m$  experts, les évaluations peuvent s'écrire comme :

$$W(\text{expert}_j) = p_1 C_{1j} + p_2 C_{2j} + \dots = \sum_i p_i C_{ij} \quad \text{Équation 2}$$

ou  $j = 1, \dots, m$  représente l'identifiant de l'expert.

Sous une forme matricielle, les différentes évaluations des experts peuvent s'écrire de la façon suivante :

$$\begin{bmatrix} W(\text{expert}_1) \\ W(\text{expert}_2) \\ \dots \\ W(\text{expert}_m) \end{bmatrix}_{[m \times 1]} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & \dots & C_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{m1} & C_{m2} & \dots & \dots & C_{mn} \end{bmatrix}_{[m \times n]} \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \dots \\ P_n \end{bmatrix}_{[n \times 1]} \quad \text{Équation 3}$$

ou

$$W_{[m \times 1]} = C_{[m \times n]} P_{[n \times 1]} \quad \text{Équation 4}$$

On peut évaluer la solution analysée par l'expert par rapport au maximum possible. En fonction de ce résultat, on sait si le produit est cohérent par rapport aux attentes ou non.

Nous avons ensuite la possibilité de faire la même analyse avec les mêmes experts et les mêmes critères sur des propositions technologiques alternatives, notées  $A_k$  avec  $k \in \{1, \dots, K\}$ . On obtient alors les matrices à 3 dimensions.

$$W_{[m \times 1 \times K]} = C_{[m \times n \times K]} P_{[n \times 1 \times K]} \quad \text{Équation 5}$$

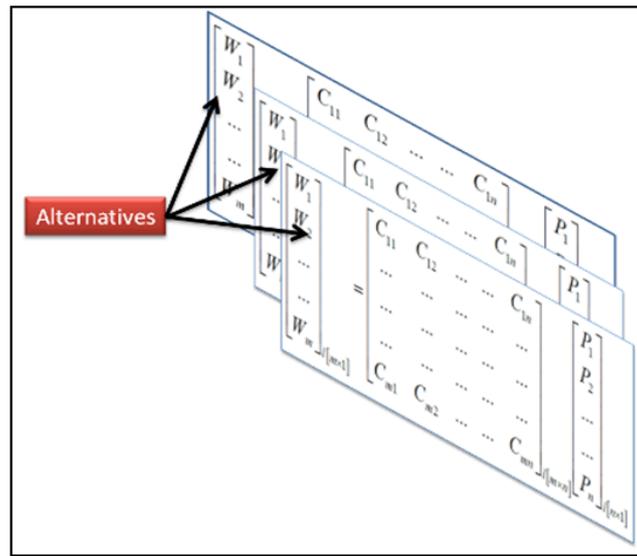


Figure 20.C3 : Comparaison des Matrices LRI des alternatives de conception.

A partir de cette mise en regard des différents résultats produits par les différentes matrices, nous sommes en mesure de déterminer qu'elle est l'alternative la plus adéquate et proposer alors une possible combinaison des différentes solutions évaluées.

Les évaluations possibles :

Cas 1 : Evaluation des experts par rapport à une solution donnée. On calcule le meilleur résultat possible et on le compare par rapport aux avis des experts. Ainsi on détermine la solution la plus à même de répondre aux exigences des futurs clients.

$$\delta = \sum_i C_i p_i - \sum_i 4 \times p_i \quad \text{Équation 6}$$

Cas 2 : Evaluation des alternatives

Nous obtenons, pour les alternatives de conception 1 et 2 :  $W^1_{[m \times 1]}$  et  $W^2_{[m \times 1]}$ .

Ensuite, on peut donner la valeur de l'écart entre les valeurs globales A1, A2.

$$\delta = W^1 - W^2$$

Équation 7

On obtient alors  $\delta$  qui est l'écart entre les alternatives possibles des solutions envisagées pour résoudre au mieux le problème de conception. Il est possible d'analyser  $\delta$  en fonction des résultats obtenus. Au regard du vecteur  $\delta$  l'une ou l'autre des solutions peut être choisie.

### 4.1.3 Exemple d'analyse

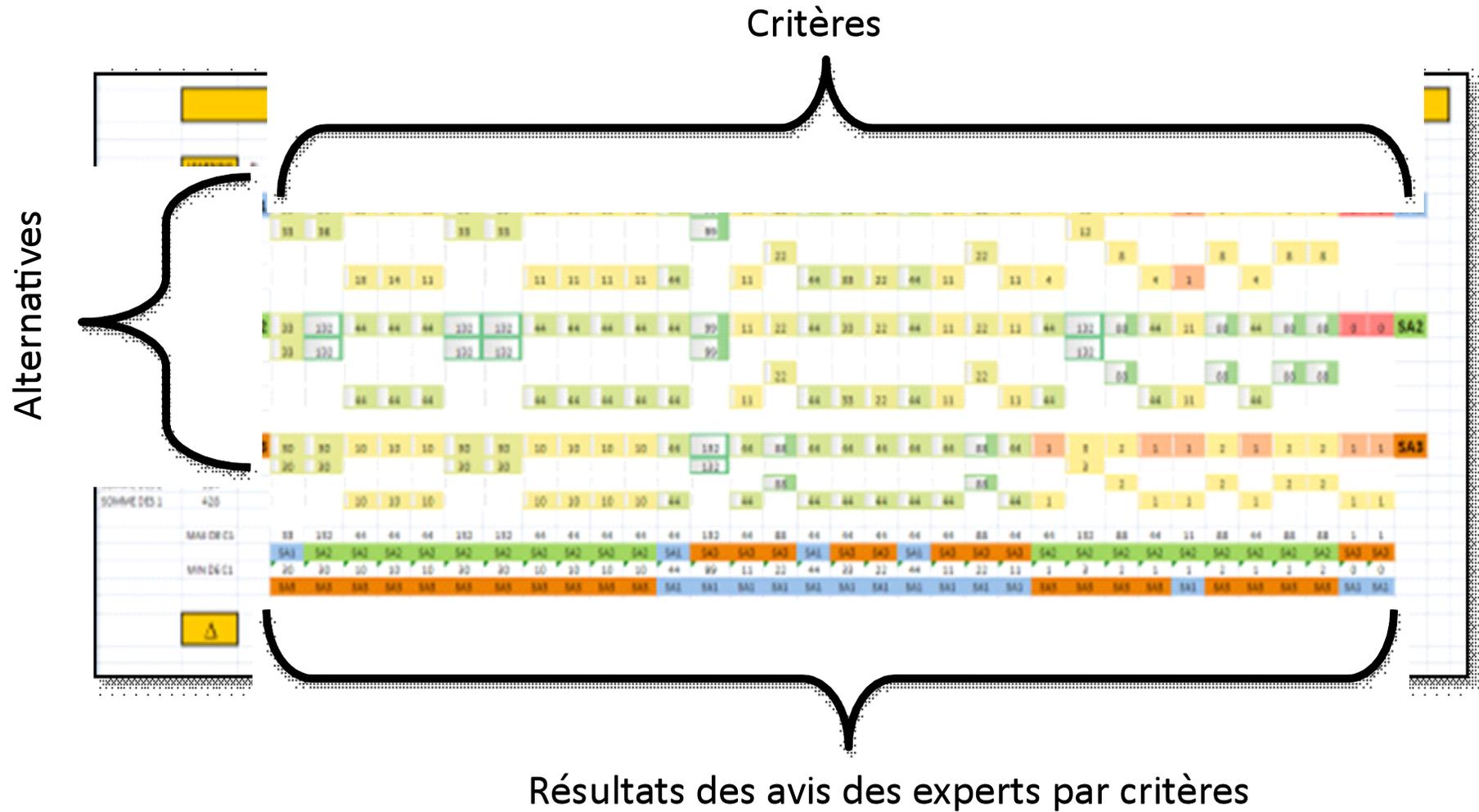


Figure 21.C3 : Vue de la partie résultat de l'outil de mesure permettant la comparaison des solutions alternatives.

La Figure 21.C3 est une copie d'écran montrant dans sa partie basse, des marqueurs de couleurs différentes. Dans la zone « Résultats des avis des experts par critères » et grâce à une différenciation de l'importance de l'écart analysé en passant du vert (pas ou peu d'écart) au rouge (écart très important), il est possible tout de suite de travailler sur le critère qui semble le plus problématique. Ainsi l'outil permet de mettre en évidence les priorités d'intervention des acteurs de la conception.

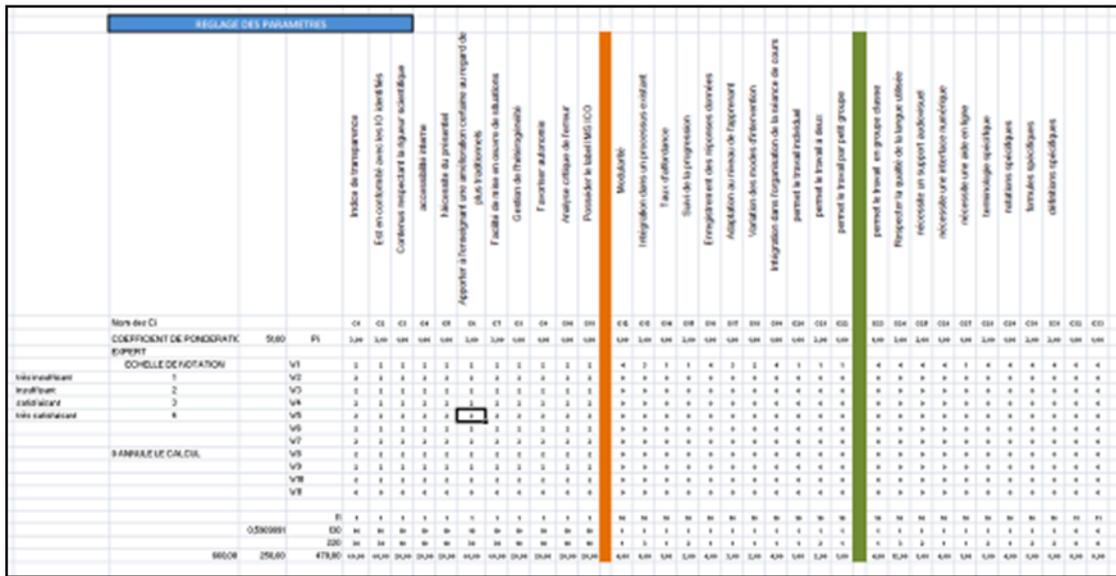


Figure 22.C3 : Vue 1 de l'outil de mesure

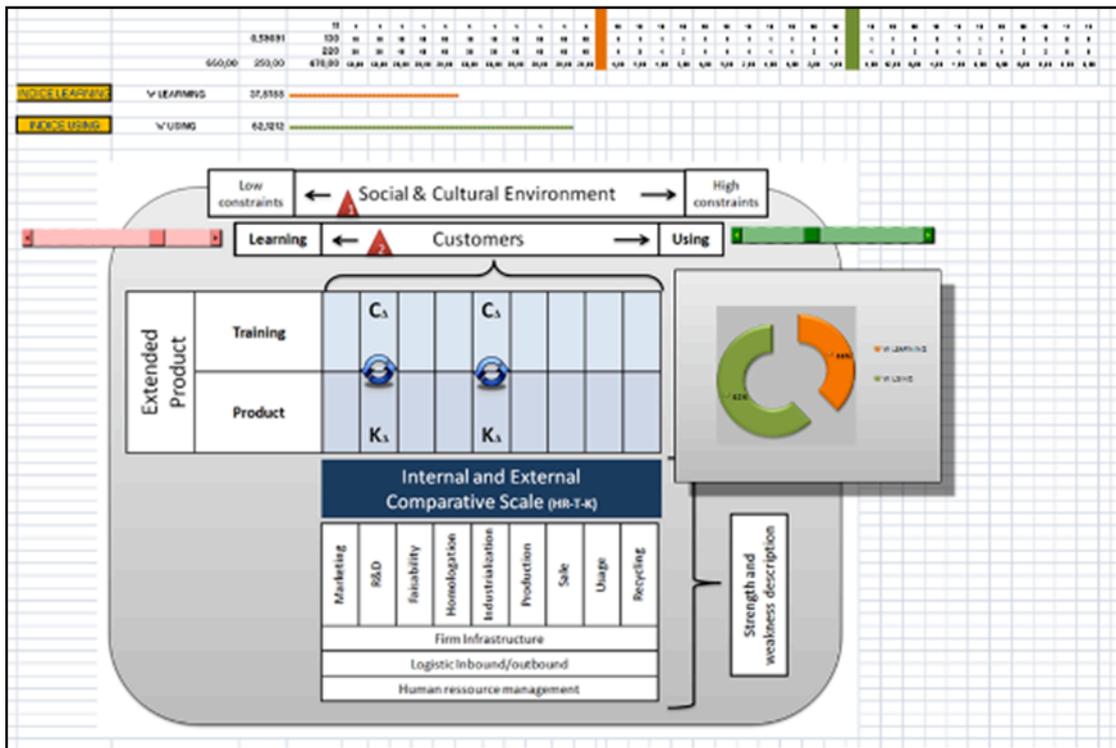


Figure 23.C3 : Vue 2 de l'outil de mesure

Nous avons présenté des résultats de mesure dans le chapitre 4. Il est possible de voir en détail les différents écrans de l'outil présenté précédemment en Annexe 2.

## 4.2 Interface opérationnelle IP K5

Dans cette partie, nous montrons, le fonctionnement de l'interface opérationnelle tant dans la phase de publication des graphes de connaissance que dans les phases d'édition. L'architecture interne de l'interface ainsi que son organisation sur le serveur sont montrés en Annexe 3. Cette interface permet de garder la trace de l'enrichissement et de la description des graphes des connaissances.

### 4.2.1 Fonctionnement de l'interface

Après connexion à une adresse d'un site<sup>2</sup> développé en php sur le réseau interne du Laboratoire IMS et une identification par un identificateur et un mot de passe, l'utilisateur se trouve sur l'interface opérationnelle (Figure 24.C3). Il va pouvoir décrire et créer les graphes de connaissances grâce aux informations qu'il a pu collecter. A terme, cette interface pourra être ouverte à tous les personnels et acteurs des phases de conception avec une possibilité d'accès suivant des priorités. En effet, il est envisagé de donner des accès de différents niveaux en fonction des informations et des niveaux stratégiques de ces informations.

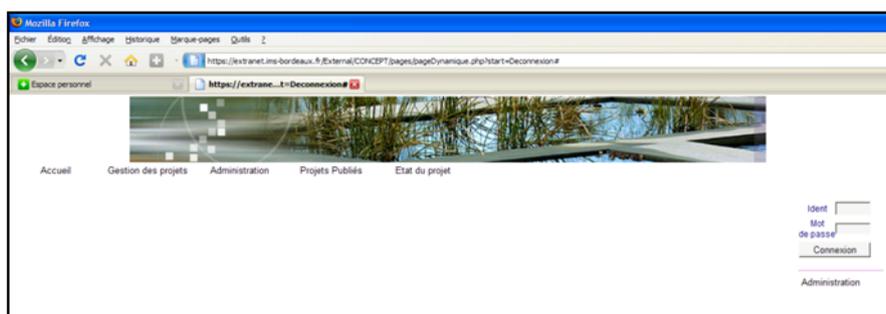


Figure 24.C3 : Interface IP K5

<sup>2</sup> <https://extranet.ims-bordeaux.fr/External/CONCEPT/pages/pageDynamique.php?guid=NDYvODU5NTQ2NzI3YQ==>

Plusieurs menus apparaissent :

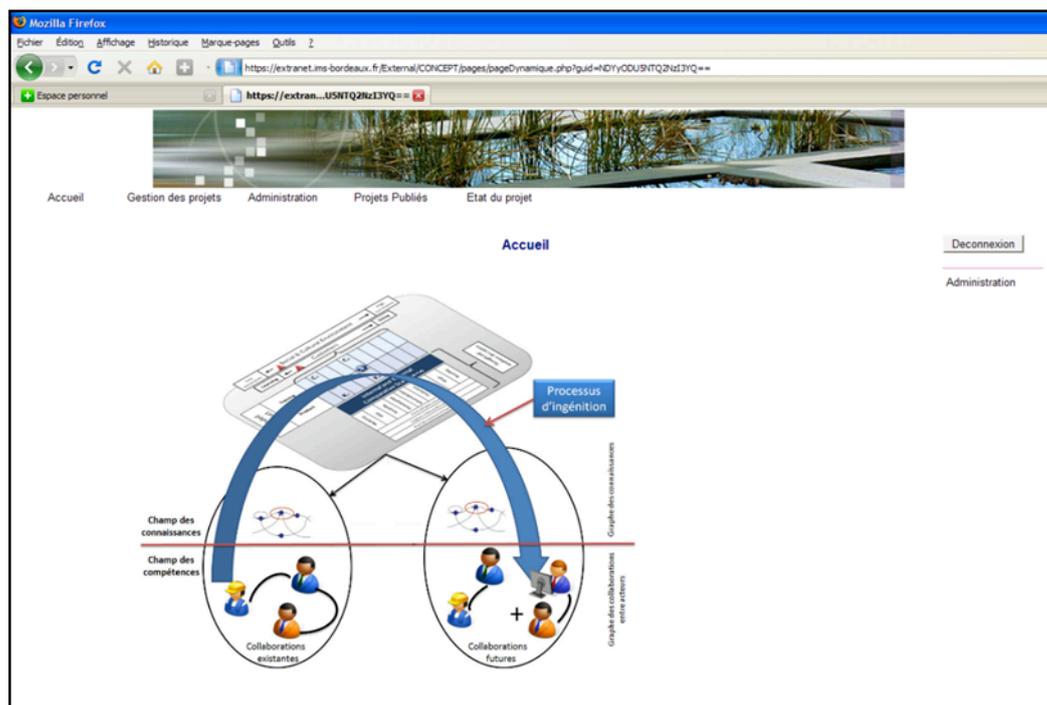


Figure 25.C3 : Ecran d'Accueil

On voit sur cet écran Figure 25.C3, une page d'accueil qui nous permet de retrouver le modèle du processus d'Ingénition. En haut de l'écran, on trouve plusieurs possibilités :

1. Gestion de projets : ce choix nous emmène dans la description du projet sur lequel l'équipe travaille.
2. Administration : ce choix permet de déclarer les personnes agissant sur l'interface. Il est possible de donner des droits différents en fonction de la pertinence et du degré d'intervention des acteurs. Les concepteurs novices pourront seulement décrire leur connaissance, les concepteurs experts pourront réorganiser les connaissances dans le but d'une transmission. Les décideurs stratégiques pourront, grâce à des requêtes de plus en plus fines, trouver la liste des compétences de tel ou tel acteur par exemple.
3. Projets publiés permet l'accès à la base de données validée par les concepteurs experts dont les concepteurs novices pourront se servir dans les phases de conception.
4. Etat du projet permet de savoir où se situe l'état d'avancement de la description. Si le projet a été publié ou non, les dates de lancement, les dates de fin. C'est ce que l'on a appelé, la mémoire organisationnelle.

#### 4.2.1.1 Gestion du projet

Sur la Figure 26.C3, qui concerne la gestion des projets, il apparaît plusieurs éléments.

Sur la droite de la Figure 26.C3, est apparu l'ensemble des projets qui sont en cours de description et en partie centrale, il apparaît un tableau permettant d'avoir accès aux fiches signalétiques des différents projets en cours et publiés. C'est en quelque sorte la carte d'identité du projet développé dans l'interface.

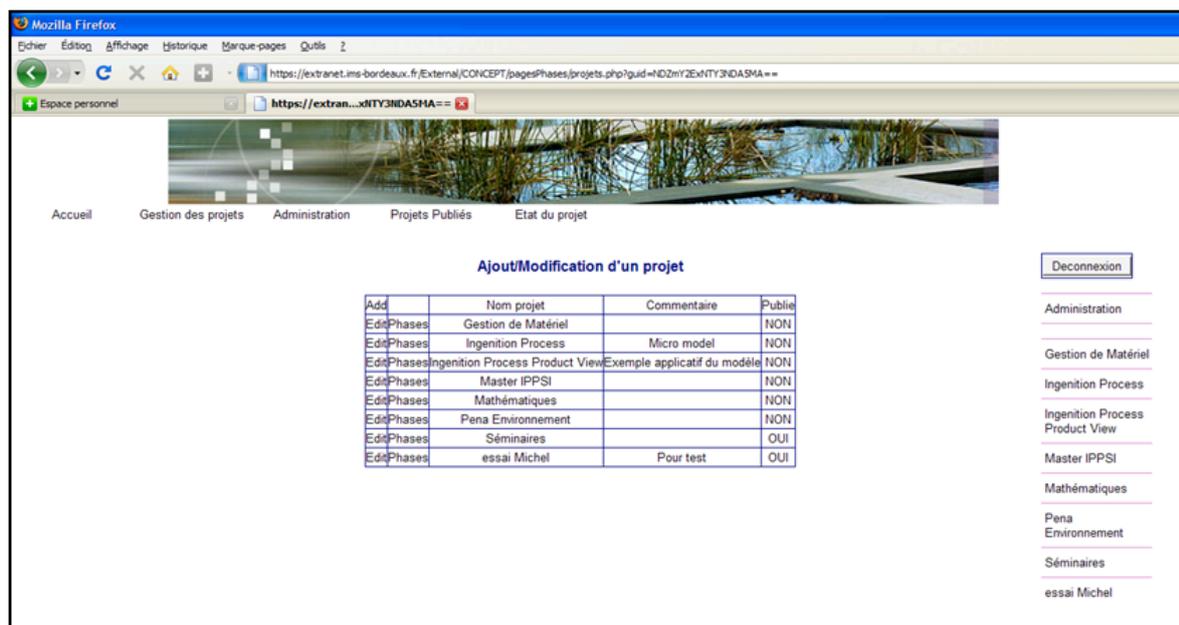


Figure 26.C3 : Ecran gestion des projets

Il est possible d'indiquer l'ensemble des caractéristiques du projet :

1. Identification du projet et du produit
2. Identification du responsable du projet
3. Identification des équipes concernées
4. La date de début et la date de fin prévue.

A terme, la possibilité de créer d'autres champs participant à la description plus fine du projet est à l'étude. En effet dans un souci de toujours permettre une possibilité d'amélioration de l'interface, nous avons opté pour une création ouverte de critères que le php sait très bien gérer.

#### 4.2.1.2 Création des graphes

Après création d'un projet, l'utilisateur vient abonder la liste que l'on trouve sur la partie droite de l'écran. Le cas «Démonstration IP K5» va nous servir à montrer comment l'ensemble des briques s'articulent les unes avec les autres. Pour chaque projet, il apparaît un cycle de vie du produit sur la même partie droite. A terme, il sera possible aux administrateurs du système de détailler de plus en plus finement les différentes phases de cycle de conception par exemple en utilisant un des modèles déjà intégré au sein de l'entreprise. En cliquant sur mécanique par exemple, il apparaît sur la partie gauche de l'écran, Liaison Pivot Simple. En cliquant sur l'item « Liaison Pivot », apparaît l'écran de la Figure 27.C3. On peut alors créer les graphes de connaissances en appliquant la « Triple Instrumentation ».

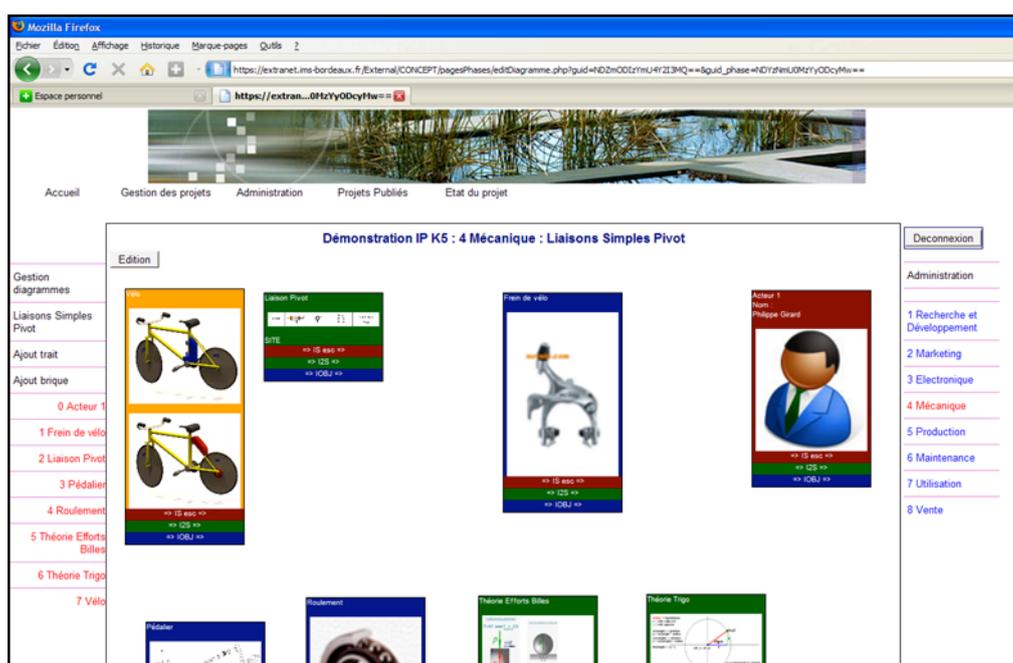


Figure 27.C3 : Ecran Liaison pivot

La description des compétences et la création des graphes de connaissances triples instrumentées peuvent commencer. En cliquant sur « Ajout Brique » l'écran apparaît comme sur la Figure 28.C3. On décrit la brique après sa création. Elle prend la couleur verte, bleue ou rouge en fonction de l'instrumentation dans laquelle elle se situe. Elle prend la couleur orange si elle est considérée comme un KA soit une connaissance primitive facilement identifiable comme nous l'avons déjà vu précédemment. Il suffit de remplir les champs et valider pour que la brique soit créée. Il est créé automatiquement une nouvelle table et un nouveau chainage logique au sein de la base MySQL liée au développement en php.

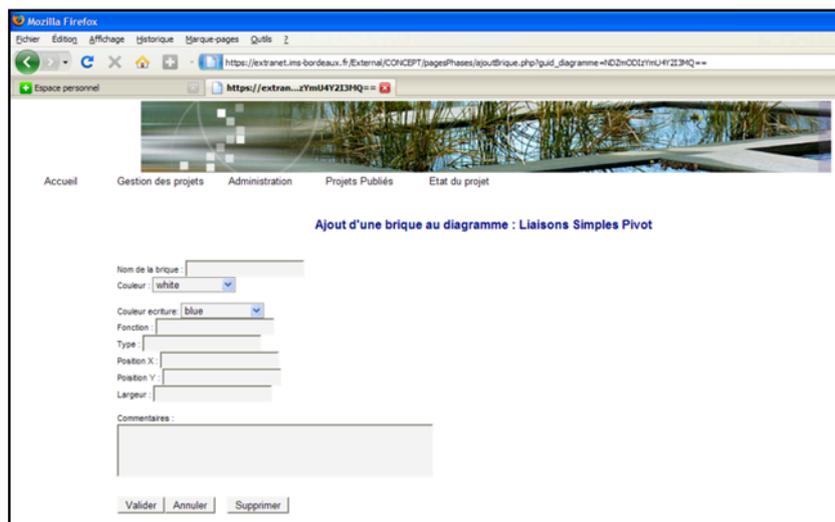


Figure 28.C3 : Ecran Ajout brique

La brique possède alors deux statuts :

1. Un statut « Vue », qui correspond à ce que le concepteur pourra voir lorsqu'il sera en consultation après publication des graphes de connaissances.
2. Un statut « Edition », qui est la construction fine de la brique (Figure 29.C3 et Figure 30.C3). Ainsi, il est possible de cliquer sur « Att » comme « Attributs » pour associer à cette brique des documents, des images, des supports divers et variés, des éléments qui viennent évidemment des descriptions données par les concepteurs. N'importe quel type de documents peut être lié, ainsi que n'importe quelle valeur logique. Il est possible, par exemple, de lier une brique à un fichier de gestion du personnel sur lequel on pourra trouver les renseignements concernant l'acteur identifié par une brique spécifique. Il sera possible également d'avoir un lien dynamique RSS ou statique vers des bases de données numériques disséminées sur la toile. Ces liens sont indifféremment possibles en interne ou en externe. Seules les conditions d'accès varieront suivant les acteurs.

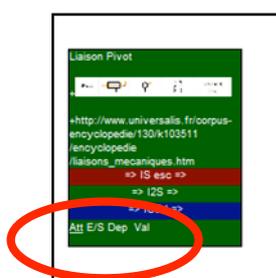


Figure 29.C3 : Construction fine de la brique

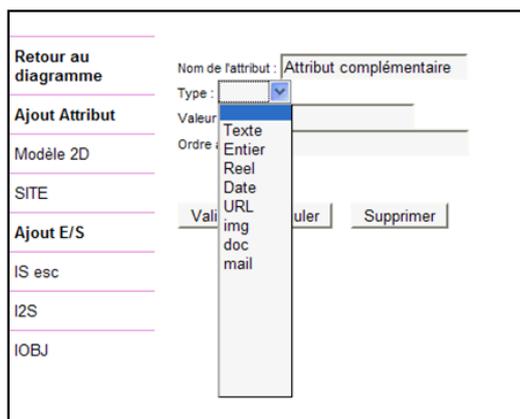


Figure 30.C3 : Ajout d'attributs complémentaires

La possibilité de lier à une brique autant de documents qu'il est souhaitable pour expliciter la connaissance, et la possibilité d'intégrer n'importe quel format et sources de données à partir du moment où elles ont été numérisées, permet un enrichissement continu des graphes. La mise à jour des textes de lois par exemple n'est pas fonction de l'interface mais uniquement de la dénomination du fichier entrant dans la base. Ainsi lorsque le concepteur expert a déterminé de quelles normes il a besoin pour travailler, il lui suffit de pointer le fichier pour que celui-ci soit opérationnel. Il suffit de remplacer ce fichier par un fichier à jour pour que les informations soient elles-mêmes mises à jour.

#### 4.2.1.3 Administration des graphes

Enfin, sur la Figure 31.C3, on peut voir l'ensemble des écrans permettant la gestion administrative des différents projets, des membres intervenants sur le projet, les caractéristiques de celui-ci ainsi que les fichiers issus des différentes instrumentations qui sont liés à ce même projet.

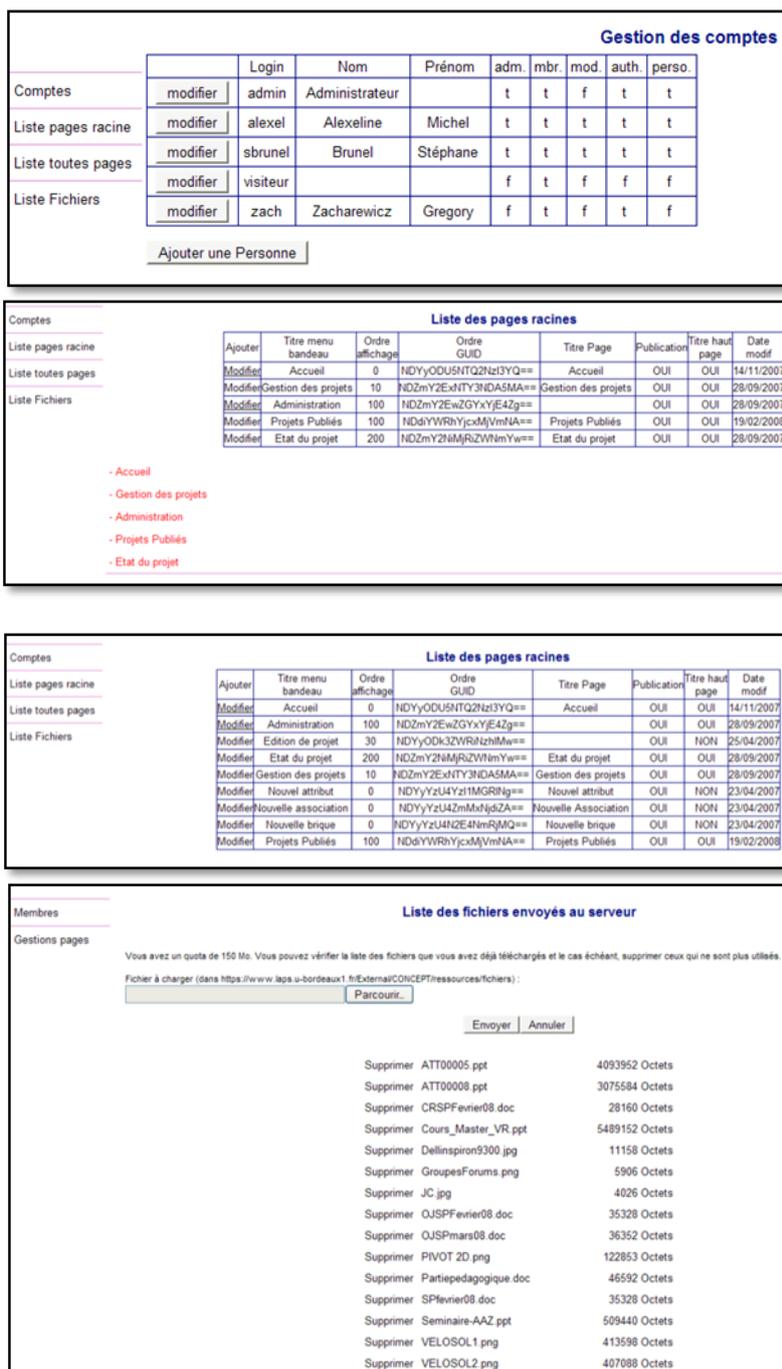


Figure 31.C3 : Ensemble des écrans Administration du système

#### 4.2.1.4 Exemple partiel d'un graphe augmenté issu de l'interface

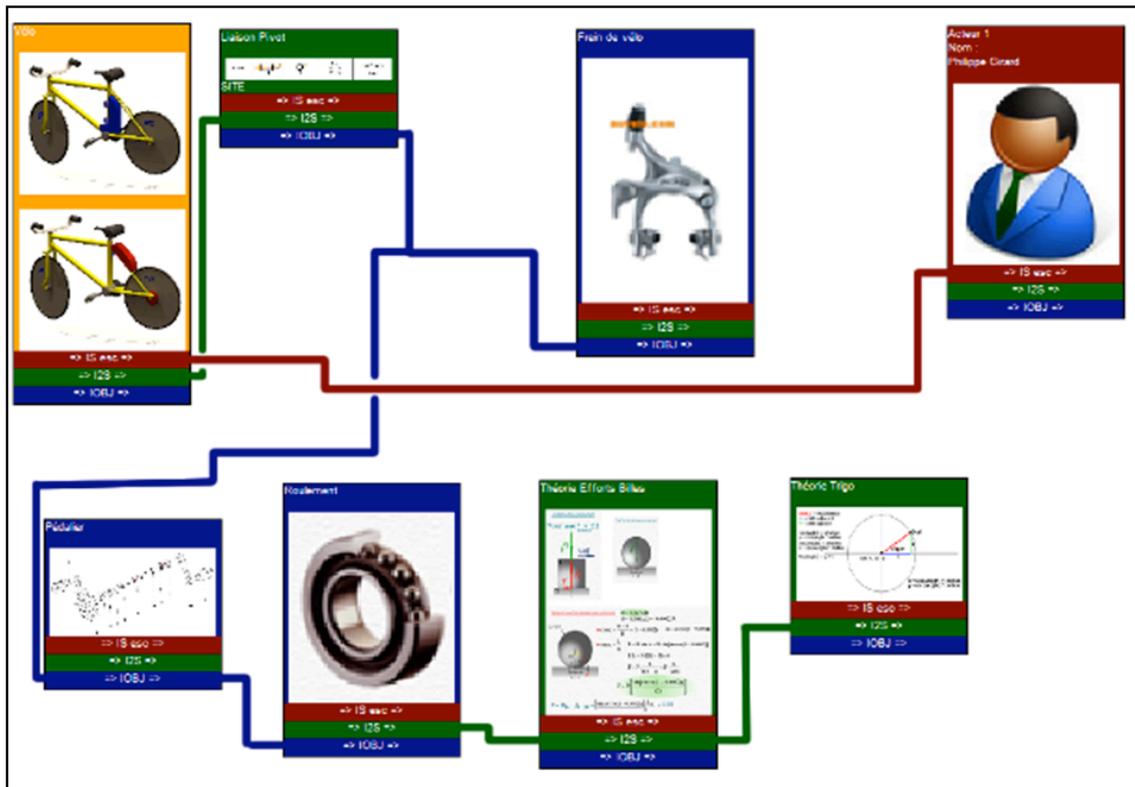


Figure 32.C3 : Exemple partiel de description des KΔ pour un problème mécanique

## 5. Conclusion

Dans ce chapitre, après avoir donné des définitions, des postulats, fait des propositions, nous avons montré le fonctionnement du modèle du processus d'Ingénition en respectant les différentes phases qui le composent.

Il permet de décrire les connaissances, après avoir identifié et décrit les compétences des acteurs de la conception. Il permet aussi de créer des relations entre elles en les décrivant grâce à la « Triple Instrumentation ». Il permet enfin de capitaliser et de partager ces connaissances par l'intermédiaire d'une interface opérationnelle à disposition des experts et novices, acteurs de la phase de conception.

Il est évident que beaucoup de travail reste à faire pour définir encore mieux les différentes parties ainsi que l'identification systématique du chainage des briques entre elles. Cela permettra de repérer et de retrouver très rapidement les compétences, les outils, les documents, les théories, les expertises spécifiques dont les concepteurs auront besoin lors de leurs conceptions futures. Cependant, l'interface de description des connaissances est opérationnelle. Pour démontrer une mise en œuvre très rapide, nous proposons dans le chapitre suivant des exemples d'application qui laissent entrevoir l'intérêt d'une telle modélisation du processus d'ingénition. Non seulement nous proposons des outils pour analyser des produits existants et permettre une reconfiguration de ceux-ci en fonction de critères spécifiques à la transmission de la connaissance mais nous proposons aussi des outils permettant de générer stocker, partager la connaissance ainsi générée tout au long du cycle de vie du produit.

Plusieurs cas sont montrés dans le chapitre suivant. Ils ont été choisis suivant des critères spécifiques :

1. Un cas montre le fonctionnement du processus d'Ingénition en conception de produit.
2. Un cas montre le fonctionnement du processus d'ingénition dans la conception d'une séquence de formation.
3. Un cas montre le fonctionnement du processus d'ingénition dans la gestion d'information purement administrative.

Ainsi, nous avons voulu démontrer que cette nouvelle idée était non seulement adaptable à des cas très différents les uns des autres mais également était rendue opérationnelle par les outils qui ont été développés.

# **Chapitre 4**

## **Etude de cas**

## Sommaire détaillé

1.	Cas 1 .....	151
1.1	Présentation du cas 1 : Conception d'un système de freinage de vélo .....	151
1.2	Le contexte de la conception .....	152
1.3	Collecte et extraction des connaissances .....	152
1.4	Résultats obtenus .....	158
2.	Cas 2 .....	160
2.1	Présentation du cas 2 : L'addition en Cours Préparatoire. ....	160
2.2	Résultats obtenus .....	162
3.	Cas 3 .....	162
3.1	Présentation du cas 3 : Gestion d'informations et de matériel dans un laboratoire.....	162
3.2	Description du cas : gestion de séminaires mensuels .....	162
3.2.1	Gestion des séminaires mensuels .....	164
3.2.2	Gestions du matériel attribué aux doctorants .....	164
3.2.3	Résultats obtenus .....	165

# 1. Cas 1

## 1.1 Présentation du cas 1 : Conception d'un système de freinage de vélo

Ce cas a été développé dans le but d'illustrer nos propositions. Nous sommes dans une configuration classique de service de conception dans une entreprise fabriquant de vélos tout terrain haut de gamme. Nous focalisons notre attention sur le système de freinage qui constitue un des facteurs de différenciation de l'entreprise par rapport à ses concurrents directs. Dans ce service, sont présents des concepteurs experts et des concepteurs novices. Ils travaillent tous deux en collaboration. Ils s'intègrent dans la stratégie globale de l'entreprise qui consiste à collecter, capitaliser, et transmettre les connaissances expertes générées en conception. L'objectif pour tous les concepteurs est double :

1. S'approprier les technologies générales de freinage, c'est ce que nous appellerons la technologie de base.
2. S'approprier et maîtriser les technologies brevetées et développées en interne. C'est ce qui lui permettra par la suite de soutenir les conceptions futures innovantes ou non.

Nous avons pu mettre en évidence deux objectifs sous-jacents :

1. Utiliser de manière professionnelle le modelleur volumique<sup>1</sup> de l'entreprise. Il permet non seulement de concevoir mais aussi de donner des indications multiples sur les efforts capables d'être soutenus par le système de freinage. De plus il génère automatiquement la nomenclature de l'ensemble et génère des ordres de fabrication ainsi que des programmes de pilotage des machines à commande numérique.
2. S'approprier la démarche de conception collaborative utilisée en interne.

Les acteurs impliqués dans cette étude de cas sont :

---

<sup>1</sup> Un modelleur volumique est un logiciel de conception 3D en mécanique (SolidWorks, ProEngineer, Catia, ...)

1. Un ingénieur novice avec des pré-requis importants tels que des bases de mécanique et résistance des matériaux, la théorie des liaisons mécaniques appuyées sur des exemples, un usage basique des modeleurs volumiques disponibles sur le marché.
2. Un ingénieur expert.

## 1.2 Le contexte de la conception

Le contexte de l'étude peut être décrit selon ses dimensions environnementales, sociales et culturelles ainsi que l'utilisation du produit par le client (pour plus de détails se reporter au Chapitre 3). Concernant les dimensions environnementales sociales et culturelles, le produit (système de freinage) est destiné à être assemblé sur des VTT haut de gamme, ce qui élimine la contrainte forte du coût. Par contre la clientèle visée par ce produit est très attachée à un niveau de qualité élevé et une durée de vie prolongée.

Le client ciblé par ce produit est uniquement concerné par l'usage de celui-ci.

## 1.3 Collecte et extraction des connaissances

Après une extraction des solutions techniques à partir d'une décomposition structuro-fonctionnelle de type FAST comme sur la Figure 1.C4, on peut en déduire que la liaison principale sur laquelle les concepteurs doivent porter leurs efforts est la liaison pivot.

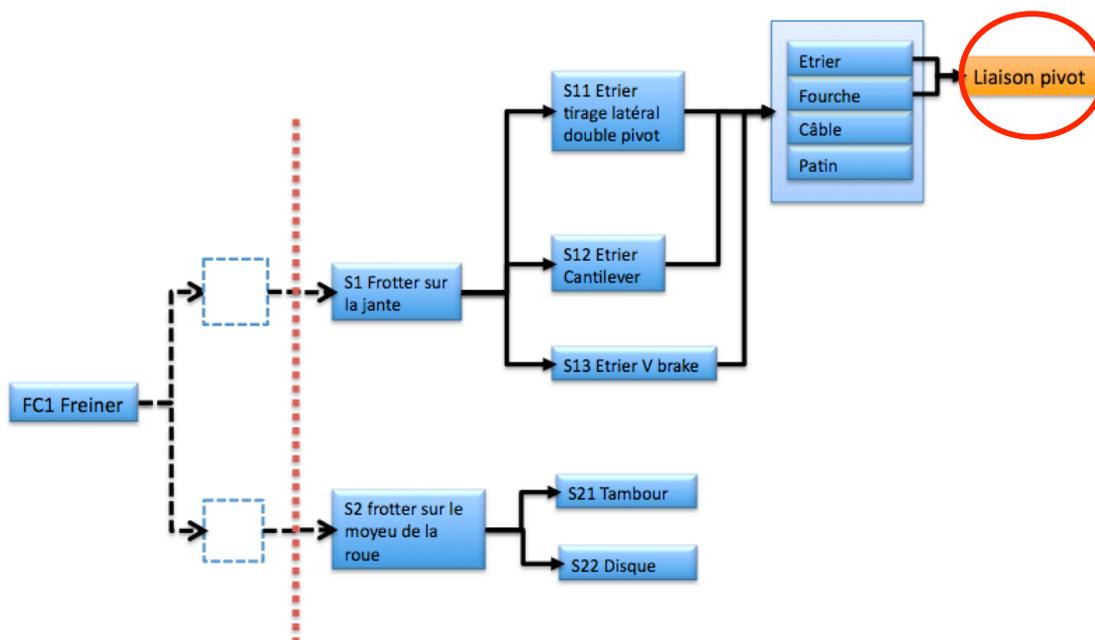


Figure 1.C4 : FAST partiel d'un système de freinage de vélo

Dans un premier temps, l'ingénieur novice doit se familiariser avec l'outil de conception numérique ; plusieurs connaissances sont alors sollicitées : (Figure 2.C4)

1. Maîtrise du tracé d'une esquisse pour dimensionnement en fonction des contraintes en présence.
2. Choisir les caractéristiques mécaniques appliquées en fonction des différentes solutions que le solveur de contraintes aura donné.
3. Connaître les caractéristiques mécaniques en vue de réaliser le montage correct de l'ensemble des pièces entre elles.

Cette phase-là est une condition « nécessaire et suffisante » pour envisager une conception d'une liaison pivot déjà brevetée dans l'entreprise.

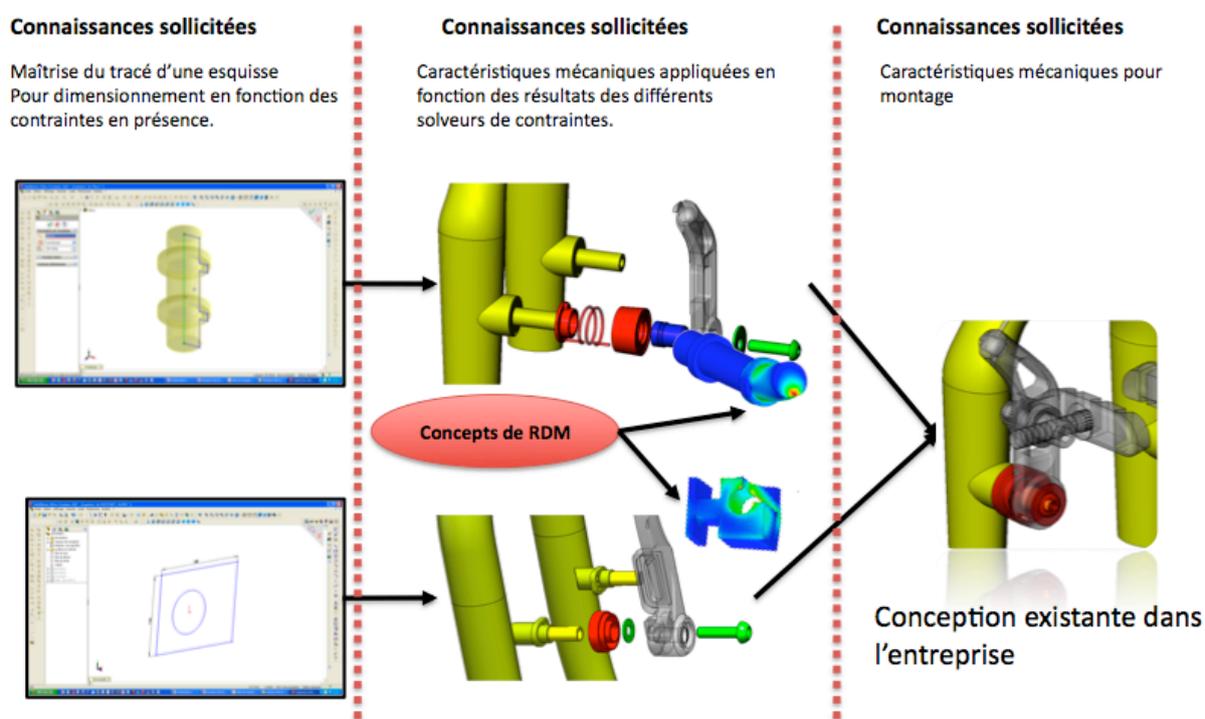


Figure 2.C4 : Connaissances pré-requises sollicitées

Dans un deuxième temps, les connaissances sollicitées sont plus spécifiquement adaptée à la liaison que l'on veut réaliser. Ainsi grâce une décomposition complète du mécanisme déjà conçu, le concepteur novice va se familiariser avec les méthodes de conception interne à l'entreprise. Cette phase de conception est ni plus ni moins qu'une phase de conception par extrapolation ou analogie. (Figure 3.C4)

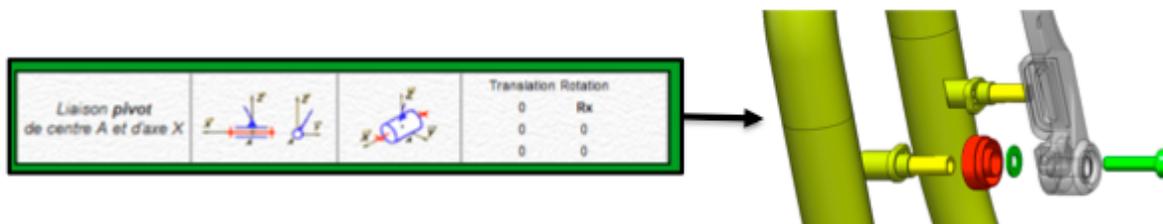


Figure 3.C4 : Conception d'une Liaison Pivot

A partir de cet instant, il est possible que le concepteur novice aidé du concepteur expert envisage deux solutions, deux alternatives possibles à leur conception. Sans rien changer à leur liaison pivot initiale, ils peuvent proposer deux alternatives compatibles. (Figure 4.C4)

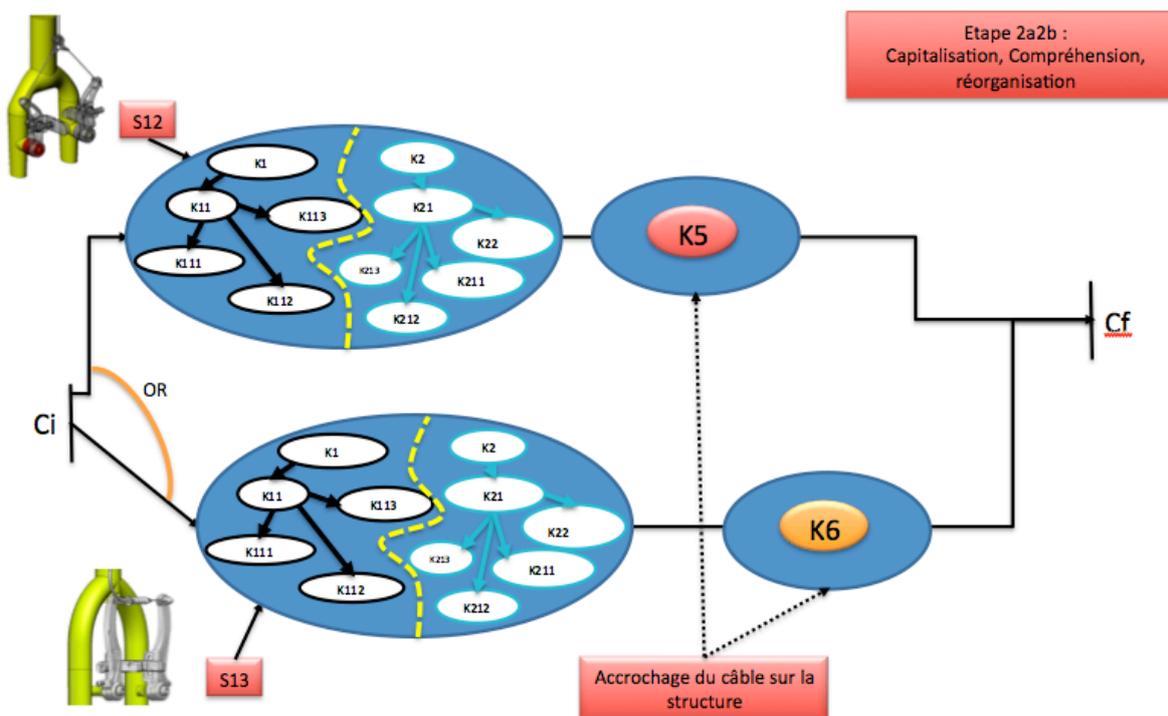


Figure 4.C4 : Alternatives de conception

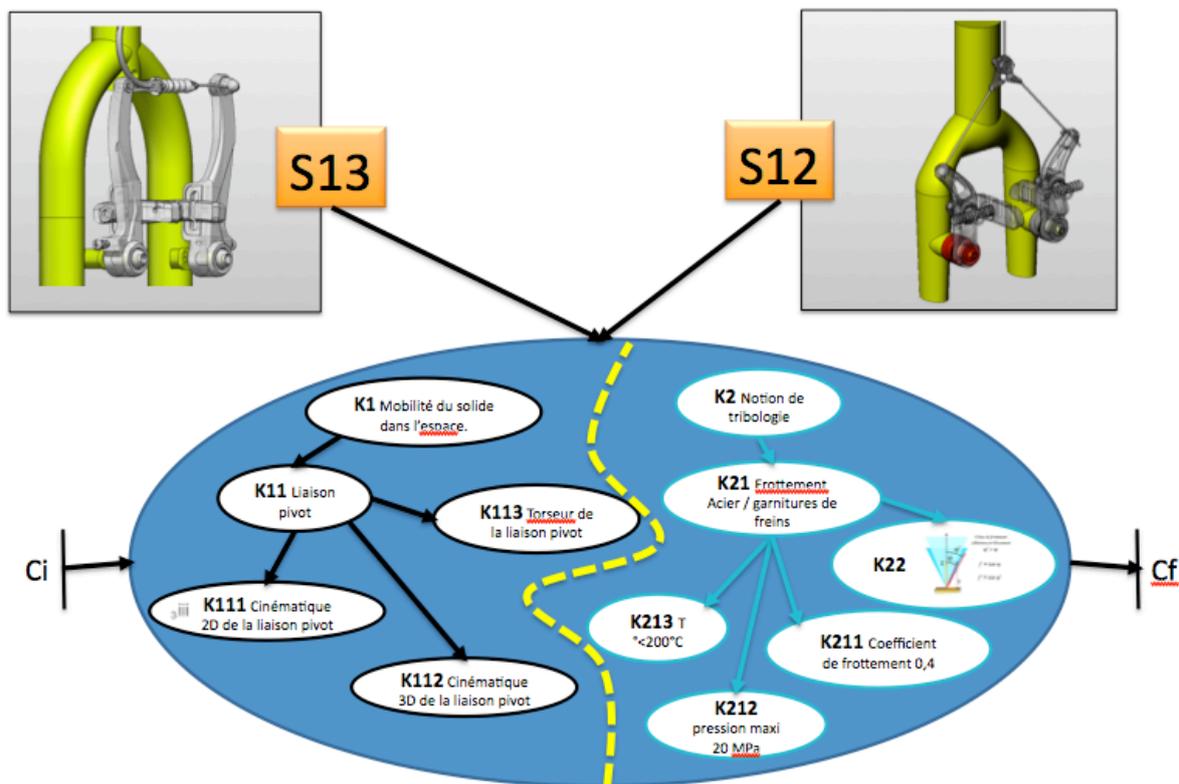


Figure 5.C4 : Détail de la décomposition des connaissances en fonction des solutions

K1 mobilité dans l'espace	K11 Liaison Pivot	K111 Cinématique 2D de la liaison pivot
		K112 Cinématique 3D de la liaison pivot
		K113 Torseur de la liaison pivot
K2 Notion de tribologie	K21 Frottements Jantes/garnitures de freins	K211 Coefficient de frottement
		K212 pression maxi
		K213 Température inférieure à 200°C
	K22 Théorie du frottement	

Tableau 1.C4 : Connaissances extraites

Sur les Figures 4.C4 et 5.C4, on voit bien que la différence de conception ne se fait pas au niveau de la liaison pivot mais bien au niveau de l'accroche du câble sur la structure. Les graphes de connaissances générées dans l'une ou l'autre solution sont identiques ; elles font appel aux mêmes connaissances. La connaissance sollicitée dans ce cas là est bien nécessaire et plus que suffisante puisque les deux solutions sont viables et permettent l'utilisation de la même Liaison Pivot.

Par contre, si on envisage une innovation de grande ampleur, on voit très rapidement sur le graphe primaire des alternatives (Figure 6.C4) et ensuite sur le graphe secondaire des connaissances (Figure 7.C4), que les solutions envisagées ne sont plus du tout dans le même champ de connaissances ni de compétences. La liaison envisagée dans le troisième cas n'est plus la Liaison Pivot et donc nécessite le nouvel apprentissage de notions non encore abordées ou du moins dont l'acquisition par le concepteur novice est à vérifier par l'ingénieur expert.

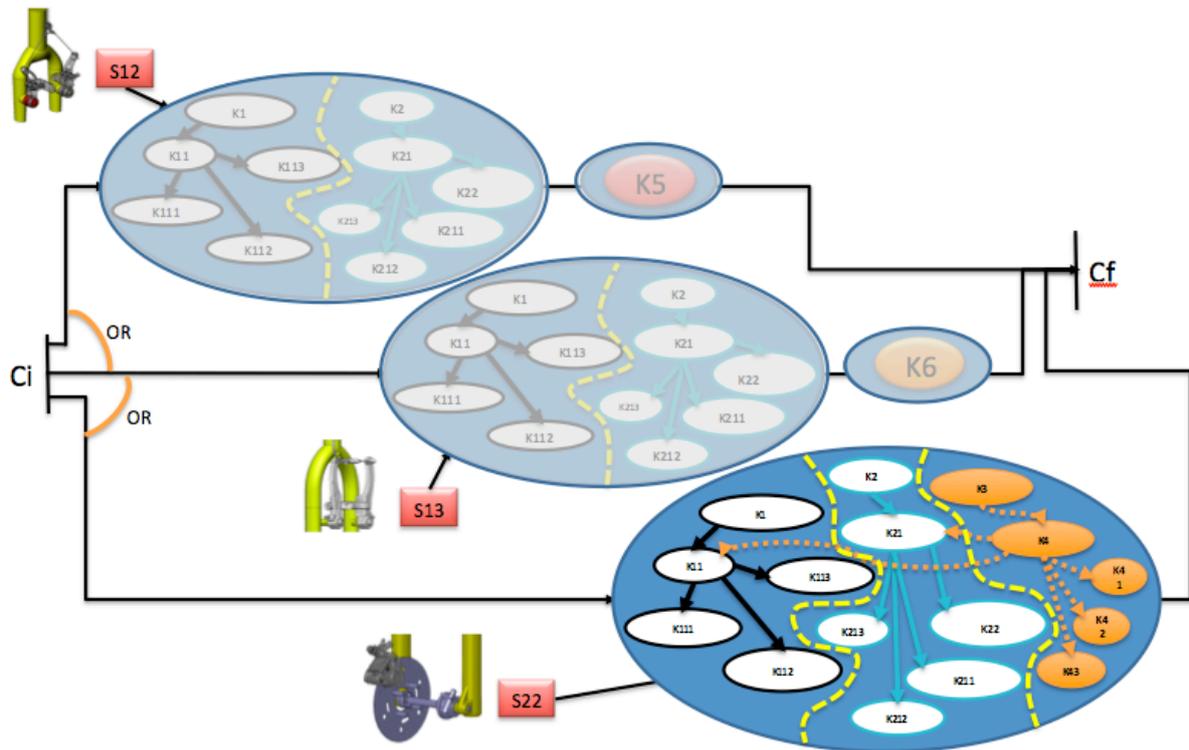


Figure 6.C4 : Troisième alternative

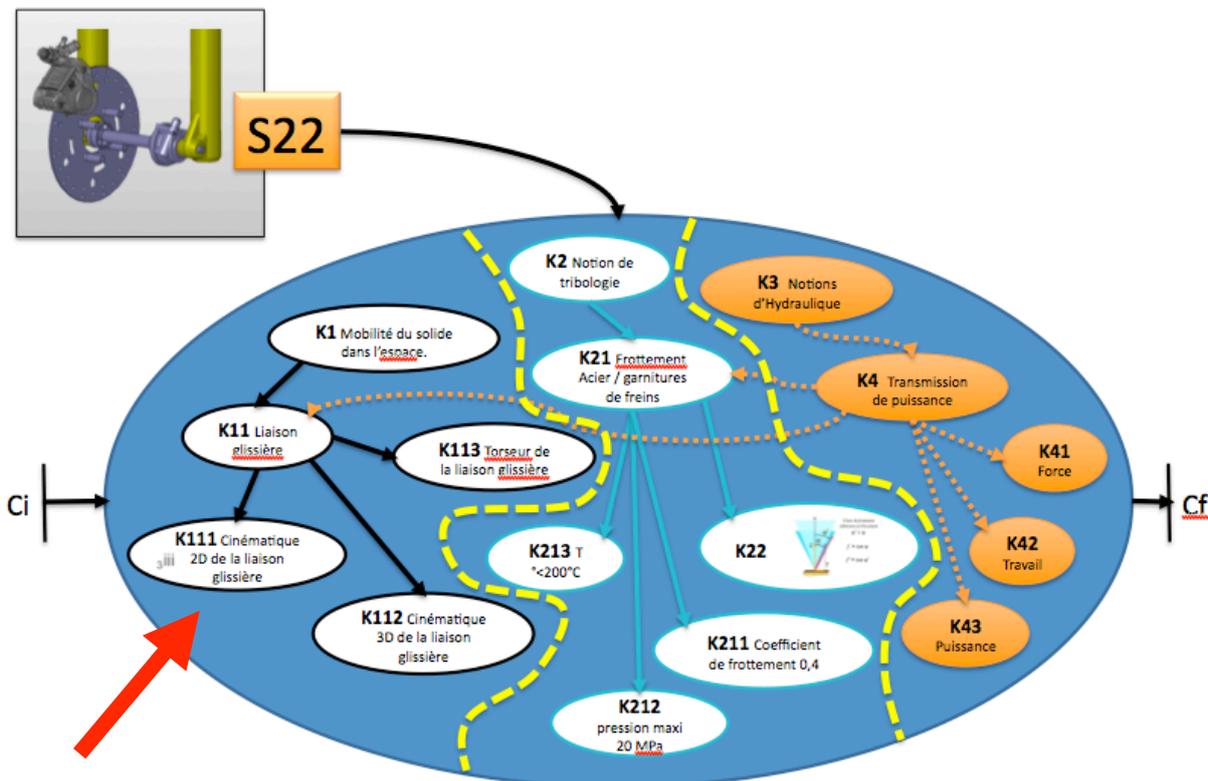


Figure 7.C4 : Détail de la troisième solution

K1 Mobilité dans l'espace	K11 Liaison Pivot	K111 Cinématique 2D de la liaison pivot
		K112 Cinématique 3D de la liaison pivot
		K113 Torseur de la liaison pivot
K2 Notions de tribologie	K21 Frottements Jantes/garnitures de freins	K211 Coefficient de frottement
		K212 pression maxi
		K213 Température inférieure à 200°C
	K22 Théorie du frottement	
K3 Notions d'hydraulique		
K4 Transmission de puissance	K41 Force	
	K42 Travail	
	K43 Puissance	

Tableau 2.C4 : Connaissances extraites

## 1.4 Résultats obtenus

Le problème de l'identification de l'ensemble des solutions technologiques envisagées (ici les trois alternatives) est résolu par :

1. L'identification des connaissances pré-requises.
2. La structuration des connaissances dans des graphes de connaissances mettant en exergue les interrelations entre elles (antécédence, simultanéité, parallélisme).
3. L'identification de la Triple Instrumentation associée à chacune d'elles. La nature de la connaissance elle-même (I2S), qui la possède (Iesc) et dans quel système technique elle se réalise (Iobj).

La complexité de ces multiples relations démontre la pertinence de la proposition (faite au chapitre 3) d'un outil d'aide à la capitalisation des connaissances en conception. Cet outil devra être renseigné et mis à jour régulièrement en fonction des connaissances acquises et générées. Ci-après, on trouvera un extrait du résultat obtenu grâce à l'outil IP-K5 (Figure 8.C4).

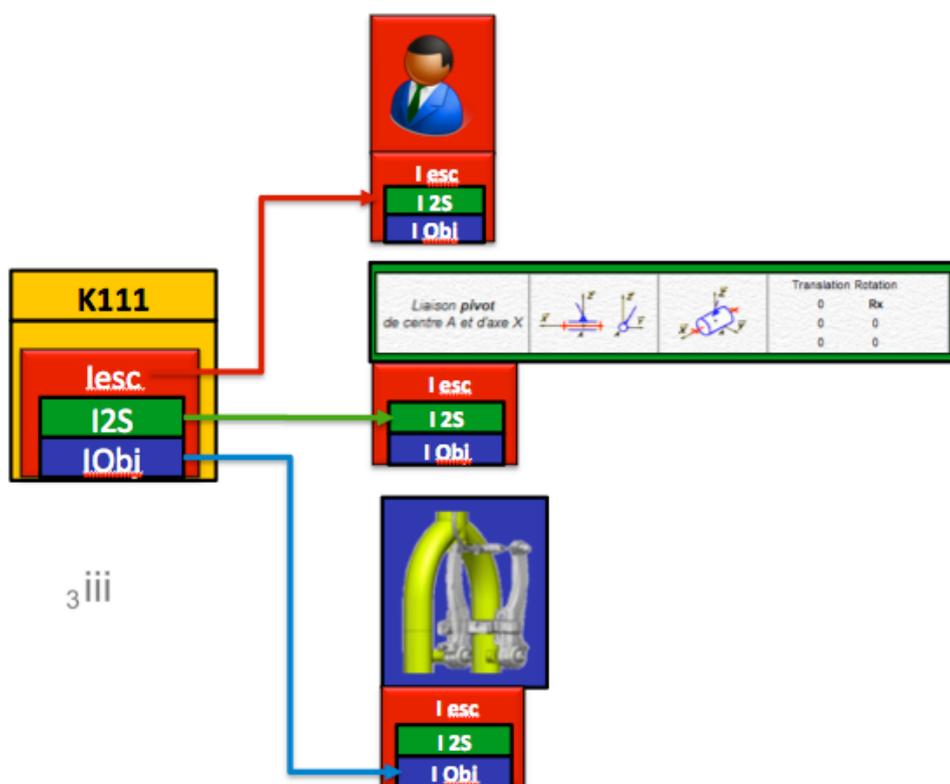


Figure 8.C4 : Graphe secondaire des connaissances K111

On reconnaît sur ce graphe des connaissances, dans l'interface opérationnelle IP K5, les briques constituant le graphe :

1. La brique rouge « Iesc » représente le concepteur. Il maîtrise la conception par extrapolation des solutions brevetées en interne et envisagées pour la conception d'un nouveau système de freinage.
2. La brique verte « I2S » est la théorie appropriée à une Liaison Pivot, indépendamment du choix technologique futur. C'est la connaissance scientifique du système.
3. La brique bleue « IObj » est la solution choisie comme exemple ou conçue en fin de cycle de conception.

Ainsi grâce aux outils développés, l'entreprise peut identifier maintenant « qui » maîtrise la conception d'une telle solution, « qu'est ce que » cette solution met en œuvre en terme de connaissances associées et « quelle » solution a été proposée lors de cette phase de conception. La mémoire de tout ce qui s'est passé en termes de génération de connaissance peut maintenant servir aux autres concepteurs. La capitalisation, la trace, la décomposition, l'analyse et la modélisation de la connaissance sont devenus des avantages concurrentiels opérationnels.

## 2. Cas 2

### 2.1 Présentation du cas 2 : L'addition en Cours Préparatoire.

Il est montré dans ce cas, que le processus d'ingénierie peut être utilisé pour capitaliser des processus cognitifs de complexité variable. Le cas que nous avons choisi d'étudier est l'addition en Cours Préparatoire.

On peut voir que la compétence initiale qui devra être décrite par ce graphe des connaissances triple instrumenté est en orange. (Figure 9.C4)

Nous avons associé à cette boîte plusieurs autres briques :

1. Deux briques rouges correspondant à l'instrumentation « environnement social et culturel »
  - a. La première est issue de l'instrumentation « I esc ». Ce sont les textes officiels issus du BO N°5 du 12 Avril 2007 qui stipule que l'élève doit être capable de déterminer, par addition ou soustraction, le résultat d'une augmentation, d'une diminution ou de la réunion de deux quantités.
  - b. La deuxième est l'identification de l'acteur de l'apprentissage. Ici l'acteur est un enseignant, professeur des écoles. On trouve dans cette boîte tout ce qui concerne l'enseignant chargé de cette tâche. On peut lier cette brique à l'ensemble du système gérant la carrière de l'enseignant. Il est alors possible de connecter cette brique à une base de données de compétences que cet acteur maîtrise.
2. Deux briques vertes correspondant à l'instrumentation « Symbolico-Sémantique »
  - a. Dans la première brique on trouve la définition de l'addition :
$$x_1 + x_2 + \dots + x_n = \sum_{i=1}^n x_i$$
  - b. Dans la deuxième brique, on trouve l'ensemble des propriétés de l'addition avec des exemples :
    - i. L'associativité
    - ii. La commutativité
    - iii. La distributivité
    - iv. L'élément neutre

- v. L'élément symétrique
  - vi. L'élément régulier
  - vii. La relation d'ordre dans N
3. Une brique bleue correspondant à l'instrumentation « Objectale ». On trouve dans cette brique le support de cours de l'enseignant ainsi que le matériel dont il a besoin pour sa transmission soit la plus efficace possible. Par exemple, il aura besoin de plusieurs jeux de dés.



Figure 9.C4 : L'addition en CP

## 2.2 Résultats obtenus

Dans cet exemple très simple, nous avons montré que même la connaissance de la transmission d'une notion élémentaire pour des élèves de classe de CP pouvait être capitalisée dans le processus d'ingénierie. Ce processus d'apprentissage ainsi décomposé pourra servir à d'autres enseignants confrontés au même problème. Il est intéressant de noter que le système étant ouvert, rien n'empêche l'enseignant de venir faire évoluer la structure en créant d'autres briques ou en mettant à jour les documents nécessaires à l'apprentissage. Si l'on peut gager sur la reconduction des éléments théoriques de l'addition, il n'en est pas de même pour la transmission. Ainsi l'enseignant pourra toujours remplacer le fichier de la brique « IObj » par un document plus pertinent en fonction des nouvelles techniques pédagogiques et didactiques issues de la recherche en didactique des mathématiques.

## 3. Cas 3

### 3.1 Présentation du cas 3 : Gestion d'informations et de matériel dans un laboratoire.

Dans ce troisième cas, nous avons voulu essayer notre dispositif au sein de notre laboratoire. Ainsi nous proposons deux applications différentes et interreliées par des briques que nous allons retrouver dans deux descriptions différentes.

### 3.2 Description du cas : gestion de séminaires mensuels

Le responsable des séminaires d'étude du laboratoire IMS convoque les participants, Professeurs d'université, Maître de Conférences, Doctorants et conférenciers invités potentiels, une fois tous les mois, le vendredi matin.

La compétence que nous allons décrire est donc « Séminaire ».

Qui ? : Le responsable des séminaires

Que doit-il faire ? Sur quel document doit-il se baser ? : Réserver une salle, du matériel opérationnel. De plus, il doit rédiger l'ordre du jour.

De quoi a-t-il besoin ? Il a besoin :

1. d'une salle,
2. de matériel opérationnel,
3. d'un ordre du jour,
4. de l'acceptation de la participation des acteurs concernés par des présentations et conférences.
5. d'un secrétaire de séance

Ainsi, en résumant la situation, on peut écrire de façon triple instrumentée, la séquence décomposée de la façon suivante :

Un séminaire IMS (brique orange, CASF08) est organisé par le responsable des séminaires (brique rouge, Iesc, Acteur 1 MCFJCD). Celui ci a besoin d'ordre du jour (brique bleue, Iobj,OJSPFevrier08.doc), d'une salle avec du matériel opérationnel (brique bleue, Iobj, matériel) et d'un secrétaire de séance (brique rouge, Iesc, Acteur 3 MCFTAL). Les deux intervenants (briques rouges, Iesc Acteur 4 PUA4 et Acteur 2 DA2) présentent deux sujets (brique bleue, Iobj, présentation 1 et 2) pour l'acteur 1 et un sujet (brique bleue, Iobj, P1) pour l'acteur 2.

Le codage unique de suivi de la compétence pour la présentation 1 P1 de l'acteur 2 DA2 est donc :

CASF08 – IescMCFJCD – IescDA2 – IobjP1.

Ainsi, grâce à cette codification, le système permet :

1. de retrouver la trace d'un acteur dans la structure globale,
2. de retrouver la trace des documents utilisés et présentés lors du séminaire,
3. de retrouver le taux d'occupation du matériel par l'équipe,
4. de montrer les niveaux de responsabilités des différents acteurs.

Autant de renseignements importants pour les décideurs stratégiques.

### 3.2.1 Gestion des séminaires mensuels

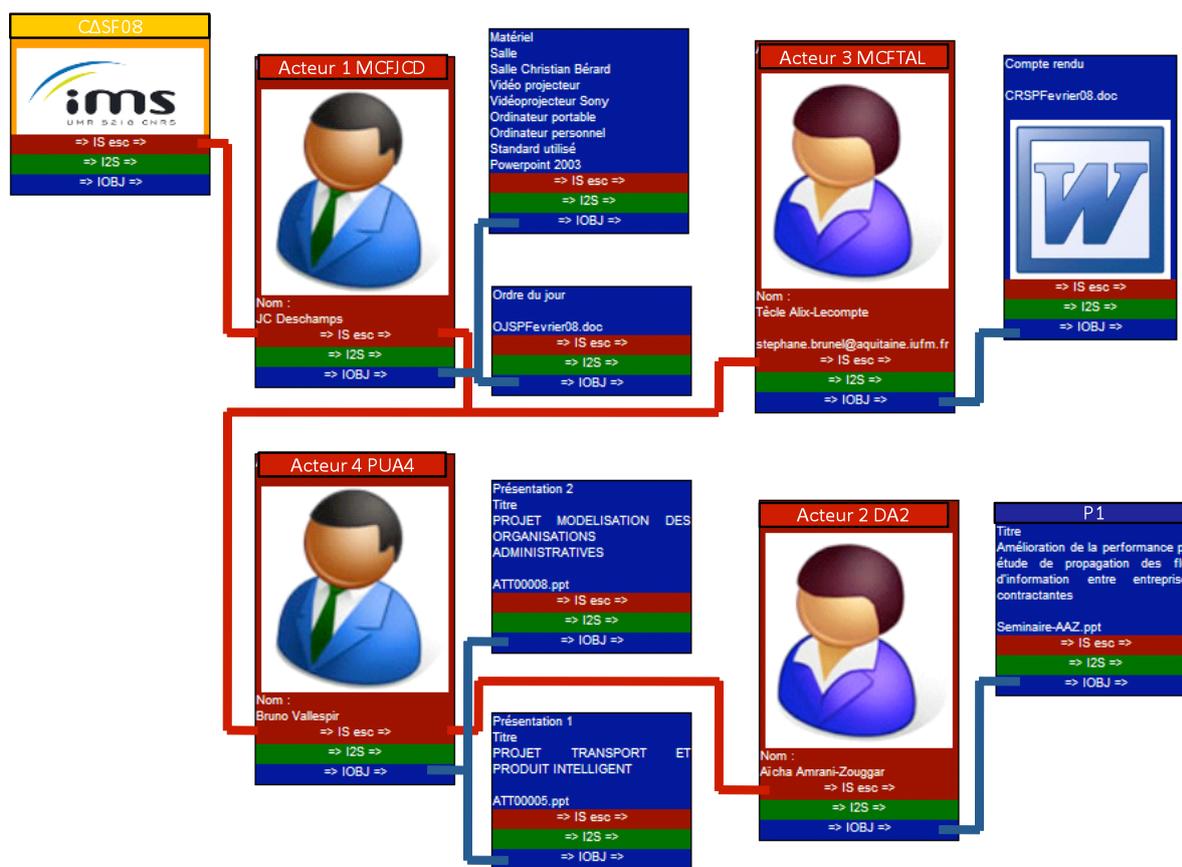


Figure 10.C4 : Gestion d'un séminaire

### 3.2.2 Gestions du matériel attribué aux doctorants

L'interface a été mise à contribution dans la gestion de matériel du laboratoire IMS. Comme on peut le voir sur la Figure 11.C4, le responsable des équipements informatiques a pris le parti de gérer le matériel en fonction de son implantation géographique dans les différents bureaux. Deux bureaux (**brique orange, CA**) ont été détaillés dans ce cas. Deux ordinateurs sont affectés par bureau (**brique bleue, IOBJ, Ordinateur 1, 2, 3, 4**). A chaque ordinateur a été affecté un doctorant (**brique rouge, Iesc, Acteur 2 DA2**), (Exemple du cas).



Figure 11.C4 : Gestion de matériel

Ainsi le codage obtenu pour l'Acteur 2 DA2 est le suivant :

CΔSALLE602 – IobjOrdi5 – IescDA2.

De la même façon, le système ainsi codifié permet :

1. de retrouver la situation géographique d'un matériel particulier
2. de retrouver la situation géographique des acteurs
3. de connaître l'attribution d'un matériel à un acteur
4. de connaître la configuration matérielle d'une structure
5. de connaître la configuration humaine d'une structure

### 3.2.3 Résultats obtenus

Nous avons vu que les compétences ont été décomposées en connaissances par la même méthode triple instrumentée. Il est assez paradoxal de se retrouver dans une situation où la compétence ne correspond pas dans les deux cas strictement à la même définition. Cependant, on montre que l'interface IP K5 permet de travailler en amont et en aval sur le réseau des compétences liées à un acteur particulier par exemple. Dans le cas ci-dessous (Figure 12.C4), nous avons repris les deux codages issus de la décomposition. On voit tout de suite que l'acteur 2 est présent dans les deux codes. Ainsi, le système nous permet de retrouver, non seulement l'activité technique de l'acteur DA2 mais aussi la localisation géographique et le matériel qui lui est associé.

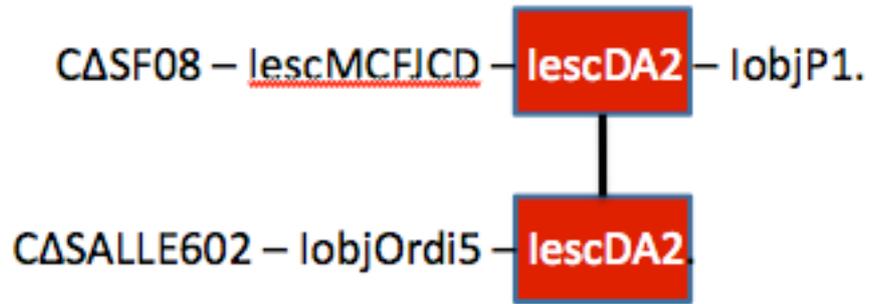


Figure 12.C4 : Interrelation entre deux décompositions

## Conclusion et perspectives

Le but de toute entreprise est de prospérer en concevant des produits de mieux en mieux adaptés à ses futurs clients. La conception et plus particulièrement l'innovation est souvent mise en avant pour se différencier sur les marchés. Aujourd'hui, ce n'est plus suffisant. La différenciation devient une différenciation basée sur les connaissances que les entreprises seront capables de générer, de capitaliser et de réutiliser au sein de leur structure. La conception de produits ne peut pas être une activité uniquement technologique. Les entreprises doivent tenir compte de la connaissance produite par le produit au cours de son cycle de vie. L'entrée dans la « société de la connaissance » ou « société du savoir » positionne ces nouvelles préoccupations au centre des différentes problématiques. La connaissance devient la matière première du processus de développement socio-économique. Concevoir des produits, c'est aussi apprendre à concevoir.

## Conclusion

Dans le premier chapitre, nous avons montré, la pertinence de l'intersection des trois domaines que sont : les théories de la conception, les théories de l'apprentissage et les théories de la connaissance. Nous avons montré sur quelles bases, la connaissance était générée au sein de l'entreprise en montrant qu'un produit peut générer de la connaissance tout au long de son cycle de vie. Non seulement, il génère de la connaissance par sa forme, sa structures et les fonctions qu'il remplit mais il génère aussi de la connaissance par les processus mentaux, organisationnels et décisionnels dont il est à l'origine.

Les apprentissages liés à chaque phase de mise au point, de réalisation, d'élaboration du produit sont autant de connaissances susceptibles de faire la différence face à la concurrence. Nous avons montré comment la « connaissance endogène » est utilisable par les différents acteurs de la conception. Cette utilisation rationalisée permettra à tous les acteurs de la conception de s'adapter plus facilement aux besoins spécifiques de leurs futurs clients en accord avec la stratégie initiale de l'entreprise.

Dans le deuxième chapitre, nous avons cherché dans une littérature riche et variée, les points qui nous paraissaient les plus pertinents pour le développement de notre idée de départ. Les différents domaines ont été étudiés avec attention en ayant plus particulièrement à l'esprit, non pas la volonté de faire différemment mais plutôt de se servir de ce qui avait déjà été produit et démontré pour en faire une agrégation utilisable. Les fondements théoriques de notre proposition ont été décomposés en 4 parties distinctes. Ainsi, la conception, la connaissance en conception, la gestion de la connaissance et l'apprentissage en conception nous semble un corpus cohérent permettant d'étayer le processus d'ingénierie qui a été proposé.

Nous avons, ensuite proposé dans le troisième chapitre un modèle appelé « Processus d'Ingénierie » qui, doit on le rappeler évoque par son nom toute cette nouvelle proposition. En effet, le processus d'ingénierie au cours de la génération des connaissances montre bien la volonté de mettre en avant que la production de connaissances est un processus, si ce n'est pas toujours rationnel, du moins, potentiellement gérable par des techniques particulières.

La volonté de collecter, de capitaliser, d'analyser puis après une phase de recombinaison, de réutiliser des connaissances dans le processus de conception a été le fil rouge de toute la démonstration. Ainsi, l'entreprise passe d'une structure classique à une structure d'entreprise apprenante. La richesse intellectuelle formée par les acteurs des différents processus internes est sauvegardée dans le but d'une amélioration des performances globales.

Le quatrième chapitre présente des cas d'application. Nous avons montré des cas d'application dans des domaines très différents. Ainsi nous avons pu montrer, la richesse du processus d'ingénierie et sa capacité à s'adapter aux acteurs et situations dans lesquelles il est mis en œuvre. Grâce à un prototype, développé par notre laboratoire, il est permis de voir le processus en fonctionnement. Les outils associés à la grille d'analyse ont permis aussi de donner des éléments intéressants de reconception pour des produits pas tout à fait adaptés aux besoins pour lesquels ils avaient été définis.



## Perspectives

Le processus d'ingénierie que nous avons défini est basé sur des définitions, des postulats, des modèles et des méthodes qui sont encore aujourd'hui en phase d'expérimentation.

En effet, notre but ultérieur sera de poursuivre la démonstration au sein des trois communautés (conception, gestion de la connaissance, apprentissage) dans le but de parfaire les imbrications que notre proposition impose. Nous avons tout de suite été confrontés à des réticences entre la gestion de la connaissance et l'apprentissage. La communauté de l'apprentissage ne semble pas encore avoir vu la pertinence d'un travail en partenariat avec les deux autres domaines. La première des perspectives de cette proposition est de continuer à se présenter comme une passerelle possible entre les trois domaines. Les entreprises ne sont pas en dehors du monde de l'apprentissage, elles l'ont bien compris. Les techniques d'apprentissage ne doivent pas seulement se retrouver dans une dimension académique et normative mais essayer de trouver des phases applicatives. Espérons qu'un travail comme celui-ci soit un des ponts possibles entre les rives.

La définition plus fine des critères de positionnement socio culturel, nous semble une des perspectives très intéressantes. Les questions que cela pose vont au-delà d'une simple liste de critères ébauchée dans ce document. Nous émettons l'idée que la définition plus précise des critères environnementaux, sociaux qui font le contexte dans lequel les acteurs de la conception agissent, sont des points fondamentaux et constitutifs de leur manière de concevoir.

De plus, l'amélioration après utilisation sur de nombreux cas, de l'outil « Matrice LRI », nous permettra d'affiner les décisions. On pourrait envisager à cours terme une liaison possible avec un solveur intégré à un système CAO.

Le développement plus fin de l'interface opérationnelle de saisie et d'analyse permettra d'apporter plus de lisibilité au processus d'ingénierie. En effet, le développement et le codage de toute la base relationnelle permettant l'interrogation des graphes reste à développer. Le système le permet déjà mais cette partie n'est pas exploitable en l'état. Nous pouvons d'ores

et déjà, lier les différentes «briques» de connaissances à des bases de données diverses et variées. Ces bases de données peuvent aussi bien être des bases de connaissances que des bases de gestion du personnel par exemple. Nous sommes convaincus, que la somme d'informations issue de la description des compétences de chaque acteur de la conception, est le point d'entrée d'une gestion globale de la capacité intellectuelle de l'entreprise. La richesse d'une entreprise est devenue sa richesse intellectuelle. Tout le travail qui reste à faire est de ne pas se perdre dans un foisonnement de critères, de liens interdépendants qui serait néfaste à une lecture efficiente, claire et opérationnelle du Processus d'Ingénierie. Un travail palpitant reste à entreprendre.

...

# Bibliographie

## A

---

- [Ackoff, 89] Ackoff, R.L., From Data to Wisdom. Journal of Applied Systems Analysis, 16: p. 3-9, 1989.
- [AECT, 00] Association for Educational Communications and Technology, 2000. <http://reusability.org/read/>
- [AFNOR X50-127] Norme : Gestion de la qualité - Recommandations pour obtenir et assurer la qualité en conception, 1ère édition Janvier 1988.
- [Agard, 02] Agard M. and Tollenaere M.. Conception d'assemblages pour la customisation de masse. Mécanique et Industrie, 3 : 113–119, 2002.
- [Agard, 03] Agard M. and Tollenaere M.. Méthodologie de conception des familles de produits. Journal Européen des Systèmes Automatisés, 37(6) :755 – 777, 2003.
- [Agard, 04] Agard M., Conception des familles de produits : Etat de l'art. Journal Européen des Systèmes Automatisés, 2004.
- [Akoka, 01] Akoka J. et Comyn-Wattiau I., Conception des bases de données relationnelles en pratique, Vuibert, Paris, France, 2001.
- [Akoun, 98] Akoun A., Sociologie des communications de masse, Hachette, 1998.
- [Allouche, 04] Allouche J., Huault I. & Schmidt G., «La Responsabilité Sociale des Entreprises : la mesure détournée?», Colloque de l'AGRH, UQAM-Montreal, 4-6 September, 2004.
- [Alavi, 01] Alavi, M., & Leidner, D. E., Review: Knowledge Management and Knowledge Management Systems: Conceptual Foundations and Research Issues. MIS Quarterly, 25(1): p. 107-136, 2001.
- [Alavi, 05] Alavi, M., Kayworth, T.R. and Leidner, D.E., "An Empirical Examination of the Influence of Organizational Culture on Knowledge Management Practices", Journal of Management Information Systems, Vol. 22 No. 3, pp. 191-224, 2005.
- [Almeida, 96], Almeida, P., Knowledge Sourcing by Foreign Nationals: Patent Citation Analysis in the US Semiconductor Industry. Strategic Management Journal, 17(Winter Special Issue): p. 155-165, 1996.
- [Amhed et al, 99] Ahmed P.K., Lim K.K., Zairi M., "Measurement practice 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 al, 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, 1998.
- [Apostolou et al, 99] Apostolou, D., Mentzas, G., *Managing Corporate Knowledge: A Comparative Analysis of Experiences in Consulting Firms, Part 1. Knowledge and Process Management*, 6(3): p. 129-138, 1999.
- [Appleyard, 96] Appleyard, M.M., *How Does Knowledge Flow? Interfirm Patterns in the Semiconductor Industry. Strategic Management Journal*, 17(Winter Special Issue): p. 137-154, 1996.
- [APQC, 00] APQC, *Successfully Implementing Knowledge Management. Consortium Benchmarking Study, Final Report: American Productivity and Quality Center*, 2000.
- [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.
- [Aublin et al, 03] Aublin, Rubaud, Tarraud, *rencontre IGEN/IPR Paris Octobre 2003*
- [Aumont et al, 92] Aumont B. et Mesnier, PM, (1992), *L'Acte d'apprendre*, Presses Universitaires de France, 1992,
- [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**

- 
- [Bachelard, G, (1949), Bachelard, G., *Le rationalisme appliqué*, Presses Universitaires de France, 1949.
- [Badke-Schaub, 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 éd., Paris, L'Harmattan, pp. 41-67, 1999.
- [Batazzi, 00] Batazzi C., Alexis H., Apprentissage organisationnel : une approche structurelle et managériale, *IX<sup>e</sup> Conférence Internationale de Management Stratégique AIMS 2000*, Montpellier, France, 24-25-26 mai, 2000.
- [Béguin, 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.
- [Belisle, 96] Belisle C., Linard M., « *Quelles nouvelles compétences des acteurs de la formation dans le contexte des TIC ?* » - *Éducation Permanente n° 127 Technologies et approches nouvelles en formation.* – pp. 19-48, 1996.
- [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.
- [Bellier, 99] Bellier S., Carre P., Caspar P., *Traité des sciences et techniques de la formation.* Paris, Dunod, France, 1999.
- [Belloy, 94] Belloy Ph., Intégration de connaissances métier dans la conception : un modèle pour les pièces mécaniques – Application à l'usinage et à l'estampage, Thèse de l'université Joseph Fourier, Grenoble 1, France, 1994
- [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.
- [Bertalanffy, 73] Bertalanffy, L. V., *La théorie générale des systèmes*, Paris, Dunod, 1973.
- [Bertalanffy, 69] Bertalanffy, L. V., *General System Theory: Foundations, Development, And Applications.*, New York: George Braziller, 1969.
- [Bierly, 1996] Bierly, P., Chakrabarti, A., (1996), *Generic Knowledge Strategies in the US Pharmaceutical Industry.* *Strategic Management Journal*, 17(Winter Special Issue): p. 123-135.
- [Bierly, 00] Bierly, P.E., Kessler, E. H., Christensen, E. W., *Organizational Learning, Knowledge and Wisdom.* *Journal of Organizational Change Management*, 13(6): p. 595-518, 2000.
- [Bistorin et al, 05] O., Bistorin O., Pemptroad G., Pourcel C. et Thiery S., *Ingénierie et Gestion des processus d'un système de formation. Workshop du groupe ECI, 9 Mars 2005*, Paris, France, 2005.
- [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/>.
- [Blanchot et al, 99] Blanchot F., Isaac H., Josserand E., Kalika M., de Montmorillon B., Romelaer P., ORGANISATION : Explosion des frontières et transversalité, Cahier de recherche du CREPA, n°50, Paris, 1999.
- [Blanco, 98] Blanco E., L'émergence du produit dans la conception distribuée, Thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Grenoble, France, 1998.
- [Blandin et al, 04] Blandin, B., Bayou, C., Dambach, Y., Engelibert, J., Fage, C., Voyeux, N. (2004). *E-Learning et knowledge management : quelle convergence ?*. Consulté en septembre 2004. [http://www.fffod.org/fr/doc/ElearningKM\\_fffodVFC.doc](http://www.fffod.org/fr/doc/ElearningKM_fffodVFC.doc), 2004.
- [Blessing , 94] Blessing L., *“A process based approach to Computer Supported Engineering Design”*, University of Twente, Enschede, The Netherlands, 1994.
- [Bloom, 56] Bloom, B.S., Taxonomy of Educational Objectives, Handbook 1: Cognitive Domain., New York, NY: Longman, 1956.
- [Bloom, 75] Bloom, B.S., Taxonomie des objectifs pédagogiques : Vol. 1 : Domaine cognitif. Presses de l'Université du Québec, 1975.
- [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, Chap.1, 1998.
- [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 Horwath, Paul Xirouchakis, Millpress Rotterdam Netherlands, ISBN 90-5966-018-8, Vol.1, pp. 319-330, 2004.
- [Bosch, 94] Bosch O., van de Wolf P., van der Hoeven A., Design flow management : more than convenient tool invocation, 4th International IFIP 10.5 conference on Electronic Design Automation Frameworks, 1994.
- [Boughzala, 06] Boughzala Imed, Ermine J-L, Trends in Enterprise Knowledge Management, 296 p., 01-2006.
- [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, 1997.
- [Bourda, 00] Bourda Yolaine, Marc Hélier, «What Metadata and XML can do for Learning Objects», *Webnet Journal*, vol. January-March, p. 24–31, 2000.
- [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.
- [Bralla, 96] Bralla J.G., *Design for Excellence*, Mc Graw Hill, New York, 1996.
- [Bras, 97] Bras Bert, «incorporating environmental issues in product design and realization, *UNEP Industry and Environment* January-June, Vol. 20, N° 1-2, pp 7-13, Paris, 1997.
- [Briant, 00] Briant O, *Etude théorique et numérique du problème de la gestion de la diversité*. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble, 2000.
- [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.
- [Bruce, 87] Bruce L. The bright new worlds of BENETTON. *International Management*, November : 24–35, 1987.
- [Burgess-Yakemovic, 90] Burgess-Yakemovic K.C., Conklin E.J., Report on a Development Project Use of an Issue-Based Information System, in Halasz F. (dir.), *CSCW'90: proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work*, Los Angeles, Association for Computing Machinery, October 7-10 1990.
- [Bruner, 91] Bruner J., Car la culture donne forme à l'esprit ; de la révolution cognitive à la psychologie culturelle. – Genève (CH) : Eshel, 1991.
- [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 Développement* », Rapport Final, MESR DSPT 8, Secteur Productique / Robotique, Lyon, mai 1994.
- [Caillaud, 00] *Connaissances et compétences en industrie manufacturière: Réactivité par la coopération - HDR*, INP Toulouse, France, 2000
- [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.

- [Carrier, 96] Carrier C., Garand D.J., Le concept d'innovation : débats et ambiguïtés, *5<sup>e</sup> Conférence Internationale de Management Stratégique*, Lille, France, 13-14-15 mai 1996.
- [Casti, 97] Casti, J.L., *Would-Be Worlds: How Simulation Is Changing the Frontiers of Science.*, New York, NY: John Wiley & Sons, Inc., 1997.
- [Caulier, 97] Caulier P., *Méthodologie de capitalisation et de réutilisation de connaissances pour l'aide à la supervision des procédés automatisés complexes : application à la supervision du trafic téléphonique de l'Ile de France*, Thèse de doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis, France, 1997.
- [Chapa Kasusky, 97] Chapa Kasusky E., Tichkiewitch S., *Modèle produit multi-vues pour une démarche intégrée de conception*, *5<sup>e</sup> colloque Priméca*, La Plagne, 1997.
- [Chapel, 01] Chapel V., *Tefal un modèle endogène de développement*, *La Cible*, n°88, Afitep, Paris, pp 20-25, juin 2001.
- [Charlier, 98] Charlier, Paquay L., Altet M., E. Perrenoud, P. (Eds) – *Former des enseignants professionnels ; quelles stratégies ? Quelles compétences?* – Bruxelles : De Boeck Université (2e édition), 1998.
- [Chiu, 03] Chiu M.L. "Design moves in situated design with case-based reasoning", *Design Studies*, Vol. 24, n°1, pp. 1-25, 2003.
- [Clementz, 00] Clementz C. *Modélisation des systèmes de production de compétences: apports à l'ingénierie pédagogique*. Thèse de Doctorat, Université Metz, France, 2000.
- [Clark et al, 88] Clark K.B., Hayes R.H., Wheelwright S.C., *Dynamic manufacturing, creating the learning organization*, The Free Press, 1988.
- [Clarkson, 01] Clarkson P.J., Melo A.F., Eckert C.M., *Visualization techniques to assist design process planning*, 13th International Conference on Engineering Design, Glasgow, UK, 21-23 August 2001.
- [Clermont, 02] Clermont, Geneste L., Rakoto H., *Le retour d'expérience, un processus socio-technique*, GCCGI 2002, 1er Colloque du groupe de travail Gestion des Compétences et des Connaissances en Génie Industriel, "Vers l'articulation entre Compétences et Connaissances", Nantes, 12-13 Décembre, 2002.
- [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.
- [Cohen, 90] Cohen, W.M., Levinthal, D. A., *Absorptive Capacity: a New Perspective on Learning and Innovation*. *Administrative Science Quarterly*, 35: p. 128-152, 1990.
- [Collectif, 04] Collectif (2004). "Produire et organiser des ressources numériques pour la formation Éditorial". *Algora en ligne*, n° 74, 21 avril. Consulté en avril 2004. <http://www.algora.org/ft/index.asp>, 2004.

- [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.
- [Constant, 96] Constant D., Contribution à la spécification d'un modèle fonctionnel de produits pour la conception intégrée de systèmes mécaniques, Thèse de l'Université Joseph Fourier - Laboratoire Sols, Solides, Structures - Grenoble I, France, 1996
- [Coussieu, 00] Coussieu M., A. Gendrin & Y. Bourda, «PolyML: Langage de description de polycopiés», rapport interne, 20002106SIYB, 2000.
- [Coutinet, 97] Coutinet N., Theuvenot N., Les déterminants des formes organisationnelles dans un environnement globalisé, Working papers, CREI, Université Paris Nord, n°98-06, octobre 1997.
- [Coutinet, 99] Coutinet N., Les compétences dans la compétitivité des firmes : acquisition, création et développement, Journées d'étude Le Capital Humain – Dimensions économiques et managériales, Presses de l'Université d'Angers, 1999
- [Cross, 92] Cross N., Dorst K., Roozenburg N., *Research in Design Thinking*, Delft University Press, 1992.
- [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](http://www.npd-solutions.com/collaboration.html), 2002.
- [Crowston, 97] Crowston K., "A coordination theory approach to organizational process design", *Organization Science*, Vol. 8, n°2, 157–175, 1997.

## D

- [Daele et al. 02] Daele A., Brassard C., Esnault L., O'Donoghue M., Uyttebrouck E. & Zeiliger R., « Conception, mise en oeuvre, analyse et évaluation de scénarios pédagogiques recourant à l'usage des Technologies de l'Information et de la Communication », rapport du projet Recre@sup-WP2, FUNDP, [En ligne : 20/02/2003] <http://tecfa.unige.ch/proj/recreasup/rapport/WP2.pdf>, 2002.
- [Dahmus, 01] Dahmus J.B., Gonzalez-Zugasti J.P., and Otto K. Modular product architecture. *Design Studies*, 22 : 409–424, 2001.
- [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 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>
- [David, 89] David R et ALLA H. Du Grafset aux réseaux de Petri. Editions HERMES, France, 1989.
- [Davis, 85] Davis, G.B., Olson, M. H., Management Information Systems: Conceptual Foundations, Structure and Development., New York, NY: McGraw Hill, 1985.
- [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., Chanchevrièr C. and Leclair P. (Eds), Economica, 1997.
- [De Hoog, 93] De Hoog R., Benus B., Metselaar C., Vogler M., The commonKADS organisation model, 1993.
- [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 Programator, juin 1994.
- [De Martino, 98] De Martino Teresa, Falcidieno Bianca, Habinger Stefan, Design and engineering process integration through a multiple view intermediate modeller in a distributed object-oriented system environment, Computer-Aided Design, vol.30, n°6, pp.437-452, 1998.
- [Demaizière, 03] Demaizière, F. & Cord-Maunoury, B. "Penser une formation aux TIC – Une professionnalisation des acteurs de la formation : formateurs et chefs de projet. In Naymark, J. & Depover, C. (dir.). E-formation, des enjeux aux usages. Distances et savoirs, vol. 1, 4. pp. 533- 550, 2003.
- [Deneux, 02] Deneux D., « Méthodes et Modèles pour la conception concourante », Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis, 24 janvier 2002.
- [Depover, 04] Depover, C., Quintin, J.-J. & De Lièvre, B. "La conception des environnements d'apprentissage : de la théorie à la pratique / de la pratique à la théorie". Alsic, Apprentissage des Langues et Systèmes d'Information et de Communication, vol. 3, 1. pp. 3-18. Consulté en septembre 2004. [http://alsic.u-strasbg.fr/Num5/depover/alsic\\_n05-rec4.htm](http://alsic.u-strasbg.fr/Num5/depover/alsic_n05-rec4.htm).
- [Develotte, 04] Develotte, C., Pothier, M. La notion de ressources à l'heure du numérique. Notions en questions, n° 8. Lyon : ÉNS Éditions, 2004.
- [D'Halluin, 01] D'Halluin, C. Les cahiers d'études du Cueep – Usages d'un environnement médiatisé pour l'apprentissage coopératif, n° 43, janvier 2001.
- [Dieng, 96] Dieng R., Giboin A., Amerge C., Corby O., Despres S., Alpay L., Labidi S. & Lapalut S. : « Building of a Corporate Memory for Traffic Accident Analysis », Proceedings of the 10th Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop (KAW'96), pp. 35/1-35/20, 1996.

- [Dieng, 98a] Dieng R., Corby O., Giboin A., Ribière M., « Methods and Tools for Corporate Knowledge Management », Rapport de recherche INRIA, n°3485, septembre 1998.
- [Dieng, 98b] Dieng R., Corby O., Giboin A. & Ribière M. : « Methods and Tools for Corporate Knowledge Management », Proceedings of the Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop (KAW'98), 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.
- [Drucker, 92] Drucker, P.F., "the New Society of Organizations" (Knowledge-Based Organizations). Harvard Business Review, 70(5): p. 95-104, 1992.
- [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, 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, 99] Duffy A. H. B., Andreasen M.M., O'Donnell F.J., "Design Coordination", Proceedings ICED 99, Munich, août 1999.
- [Dupont, 99] Dupont L., Erol M., Cormier G., and Turkkan N. La standardisation des composants : modèles et algorithmes. 3ème Congrès International de Génie Industriel, pages 671-680, Mai 1999.
- [Durand, 00] Durand TH. (2000) "L' alchimie de la compétence" *In Revue Française de Gestion*, janvfevr. pp. 84-102, 2000.
- [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.
- [Éducnet, 04] Produire et organiser des ressources numériques pour la formation. Consulté en septembre 2004.
- [Ehrlenspiel, 99] Ehrlenspiel K., "Practicians — How they are designing? ... and Why?", Proceedings ICED 99, Munich, Vol. 2, pp 721-726, 1999.
- [Eisenhardt, 98] Eisenhardt K.M., Brown S.L., Time pacing : competing in markets that won't stand still, *Harvard Business Review*, pp 59-69, march-april, 1998.
- [Erens, 97] Erens, F., Verhulst, K. Architectures for product families. *Computers in Industry*, 33 : 165 – 178, 1997.
- [ERIC, 04] Education Resources Information Center (2004). Consulté en octobre 2004. <http://eric.ed.gov/> Département Education et Technologie des FUNDP (B. Charlier et A. Daele), Recre@sup (SOCRATES-MINERVA) associe des chercheurs et enseignants belges (ULg, UCL, ULB, UMH et FUNDP) et européens (Lancaster University, Université Autonome de Madrid, Université de Genève, Université Lyon 2 et EM-Lyon). Site web : <http://tecfu.unige.ch/proj/recreasup>
- [Ermine, 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.
- [Ermine, 93] Ermine J.L., Génie logiciel et génie cognitif pour les systèmes à base de connaissances, collection Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 1993.
- [Ermine, 00] La méthode MASK, Les systèmes de connaissances, Hermès, 2000.

- [Ermine, 08] Ermine J.L., Management et ingénierie des connaissances. Hermès Lavoisier, ISBN : 978-2-7462-1945-8, 2008.
- [Ethibel , 08] [http://www.ethibel.org/subs\\_f/2\\_label/sub2\\_2.html](http://www.ethibel.org/subs_f/2_label/sub2_2.html), 2008.
- [Euzenat, 95] Euzenat J., Building consensual knowledge bases: context and architecture, Towards very large knowledge bases, N. MARS (éd.), IOS press, Amsterdam (Pays Bas), pp.143-155, 1995.
- [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, 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.
- [Ferber, 97] Ferber J., Les systèmes multi-agents - Vers une intelligence collective, InterEditions - IIA, Paris, 1997.
- [Finger, 01] Finger S., Chan X., Lan R., Chan B., Creating virtual prototypes – integrating design and simulation, 13th International Conference on Engineering Design, Glasgow, UK, 21-23 August 2001
- [Firestone, 01] Firestone, J.M., Key Issues in Knowledge Management. Knowledge and Innovation: Journal of the KMCI, 1(3): p. 8-38, 2001.
- [Fisher, 97] Fisher Marshall L. What Is the Right Supply Chain for your Product? appeared in the March-April, issue of The Harvard Business Review, 1997
- [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.
- [Floréan,03] Floréan, D. & IBM. Solutions IBM pour l'éducation et la formation. Documents présentés lors d'un exposé, 2003.
- [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.

- [Forrester, 68] Forrester, J.W., *Principles of Systems*. 2nd ed.: Pegasus Communications, 1968.
- [Fouque, 99] Fouque T. A la recherche des produits flexibles. *Revue Française de Gestion*, mars-avril-mai : 80–87, 1999.
- [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 Sécurité de fonctionnement, p 481-489, Montpellier, mars 2000.
- [Gillet, 98] Gillet P., Pour une écologie du concept de compétence. *Éducation Permanente*, n°135 La compétence au travail. – pp. 23-32, 1998.
- [Giordan, 03] Giordan, A., Conférence au Grand Atelier MCX de Lille, La formation au défi de la complexité."Complexité et apprendre, formations professionnelles et entreprises apprenantes", 2003.
- [Giordan, 87] Giordan, A., et De Vecchi G., *Les origines du savoir*, Delachaux, Neuchatel, 1987.
- [Giordan, 94] Giordan A., Girault Y. , Clement P., "Conceptions et connaissance" Peter Lang, 1994.
- [Giordan, 95] Giordan, A., *Comme un poisson rouge dans l'homme*, Payot, 1995.
- [Giordan, 96] Giordan, A., *La physionomie in La Recherche*, 284, février, 1996.
- [Giordan, 02] Giordan, A., *Apprendre !* Belin, nouvelle édition 2002 GRASCE, Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille, Faculté d'Economie, 2002.
- [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 ASME-DETC-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.
- [Gomory, 89] Gomory R., From the Ladder of Science to the Product Development Cycle, Harvard Business Review, nov-dec, 1989.
- [Gonzalez-Zugasti, 00] Gonzalez-Zugasti J., Otto K., and Baker J.. A method for architecting products platforms. Research in Engineering Design, 12 :61–72, 2000.
- [Gourc, 97] Gourc D. et Pourcel C., AICOSCOP : Principe, démarche, pratique et perspectives de développement. 2ème Congrès franco-québécois de génie industriel, Albi, France, 1997.
- [Grabowsky, 99] Grabowski H., Towards A Universal Design Theory, Integration of Process Knowledge into Design Support Systems, edited by Hubert Kals, published by Kluwer Academic Publishers, 1999, ISBN 0-7923-5655-1, pp.47-56
- [Granath, 91] Granath, J.Å., Architecture, Technology and Human Factors: Design in a Socio-Technical Context. Göteborg: Chalmers University of Technology, Architecture Workspace Design, 1991.
- [Granovetter, 85] Granovetter M., "Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness", American Journal of Sociology, n°91, pp. 481-510, 1985.
- [Grant, 96] Grant, M.A., Toward a Knowledge-Based Theory of the Firm. Strategic Management Journal, 17(Winter Special Issue): p. 109-122, 1996.
- [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, 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 Connaissances », 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.
- [Grundstein, 03] Grundstein M, Rosenthal-Sabroux C, Pachulski A - European Journal of Operational Research, – Elsevier, 2003.
- [Grundstein et Barthès, 96] Grundstein M., Barthès J-P., "An Industrial View of the Process of Capitalizing Knowledge", *Advances in Knowledge Management*, Vol. 1, pp. 258-264, 1996.
- [Grundstein, 96] Grundstein M. & Barthes J.P.: « An Industrial View of the Process of Capitalizing Knowledge », *Proceedings of the 4th International Symposium on the Management of Industrial and Corporate Knowledge (ISMICK'96)*, pp. 265-285, 1996.
- [Guerrien, 95] Guerrien B., *La théorie des jeux*, Economica, 1995.
- [Guétari, 97] Guétari R., Nguyen G.T., *A Computer-Aided Specification Tool for Concurrent Engineering Design*, 1997.
- [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.
- [Gupta, 98] Gupta S. and Krishnan V.. *Product familybased assembly sequence design methodology*. IIE Transactions, 30 :933–945, 1998.
- [Gutierrez, 05] Gutierrez, Baron C., Geneste L., Clermont P., Esteve D., Rochet S., « How to interconnect Product Design and Project Management including Experience Feedback and Reusability Requirements », *IEEE Int. Conf. on Information Reuse and Integration*, Las Vegas, USA, 2005.
- [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, 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.
- [Hannapi-Egger, 96] Hannapi-Egger E., *Research note: the hidden trade-offs of cooperative work – an empirical study*, *Organization studies*, vol. 17, n°6, pp 1011-1022, 1996.

- [Hansen, 99] Hansen, M.T., Nohria, N., Tierney, T., What's Your Strategy for Managing Knowledge? Harvard Business Review, p. 107-116, 1999.
- [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.
- [Harzallah 00] Harzallah M., « Modélisation des aspects organisationnels pour la réorganisation d'entreprises industrielles ». Thèse de doctorat, Université de Metz, France, 2000.
- [Hatchuel, 94] Hatchuel A., « *Apprentissages collectifs et activité de conception* », Revue Française de Gestion, 1994.
- [Hatchuel, 01] Hatchuel A., Le Masson P., Weil B., Innovation / projet : des liens complexes..., *La Cible*, n°88, Afitep, Paris, pp 9-14, juin 2001.
- [Hazebroucq, 99] Hazebroucq J.M., « La nouvelle conception de la performance: être efficace oui, mais aussi efficient », Revue Gestion, 1999.
- [He, 97] He D.W. and Kusiak A. Design of assembly systems for modular products. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 13(5) :646 – 655, 1997.
- [Hedlund, 93] Hedlund, G., Nonaka, I., Models of Knowledge Management in the West and Japan, in *Implementing Strategic Process: Change, Learning & Cooperation.*, P. Lorange, Chakravarthy B., Roos, J., Van de Ven, A., Editor., Oxford: Basil Blackwell. p. 117-144, 1993.
- [Henri, 01] Henri, F. & Lundgren-Cayrol, K. (2001). *Apprentissage collaboratif à distance*. Sainte Foy : Presses de l'Université du Québec, 2001.
- [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.
- [Holloway, 98] Holloway L., Clegg D., Tranter I., Cockerham G., Incorporating environmental principles into the design process, *Materials & Design*, Vol. 15, N°5, pp. 259 – 267. 1998.
- [Holmqvist, 01] Holmqvist T.K.P., Visualization of product structure and product architecture for a complex product in a mass customization company, *13th International Conference on Engineering Design*, Glasgow, UK, 21-23 August 2001.
- [Holsapple, 04] Holsapple, C.W., Jones, K., Exploring Primary Activities of the Knowledge Chain. *Knowledge and Process Management*, 11(3): p. 155-174, 2004.
- [Hostein, 96] Hostein B, Les options TSA en classe de seconde : Ambitions et ambiguïtés, Institut national de recherche pédagogique, Paris, Revue Aster, Numéro 23, 1996.  
[http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/2042/8661/1/ASTER\\_1996\\_23\\_129.pdf](http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/2042/8661/1/ASTER_1996_23_129.pdf)
- [Hu, 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.
- [Huang, 97] Huang, K.T., Capitalizing Collective Knowledge for Winning, Executing and Team-work. Journal of Knowledge Management, 1(2): p. 149-156, 1997.
- [Huang, 98] Huang C.C. and Kusiak A. Modularity in design of products and systems. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A : Systems and Humans, 28(1) :66–77, 1998.
- [Huber, 91] Huber, G.P., Organizational Learning: an Examination of the Contributing Processes and the Literatures. Organization Science, 2: p. 88-115, 1991.
- [Hyer, 04] Hyer N. and Wemmerl U. Group technology and productivity. Harvard Business Review, July-August: 140–149, 1984. MOSIM'04 – du 1er au 3 septembre 2004 - Nantes (France), 2004.

## 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.
- [IP K5, 08] Plateforme de saisie des processus de génération des connaissances Ingénierie Process Knowledge 5. <https://extranet.ims-bordeaux.fr/External/CONCEPT/pages/pageDynamique.php?guid=NDYyODU5NTQ2NzI3YQ==>
- [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, 01] ISO 9000 00, « Qualité et systèmes de management ISO 9000 », Editions AFNOR, 581 p., 2001.
- [IEEE P1484.12] IEEE P1484.12 Learning Objects Metadata Working Group», <http://ltsc.ieee.org/wg12>
- [IMS] IMS Global Learning Consortium, Inc. », <http://www.imsproject.org>

## J

---

- [Jacob, 88] Jacob, F., Biologie et racisme, Seuil, 1988.
- [Jacquinot-Delaunay, 99] Jacquinot-Delaunay & Monnoyer L., Le dispositif : entre usage et concept, Paris, Hermès25, CNRS Editions, p. 153-167, 1999.
- [Janin, 00] Janin M., Démarche d'éco-conception en entreprise. Un enjeu : construire la cohérence entre outils et processus, Thèse ENSAM en génie industriel, 2000.
- [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.
- [Jiao, 99] Jiao J. and M. Tseng. A methodology of developing product family architecture for mass customization. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 10 :3–20, 1999.
- [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.
- [Josserand, 00] Josserand E., Grima F., *Organisation en réseau et apprentissage : une analyse inter-individuelle de la dynamique relationnelle*, Actes du congrès ASAC-IFSAM, Montréal, Québec, Canada, 2000.
- [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.
- [Karsenty, 96] Karsenty L., *An empirical Evaluation of Design Rationale Documents*, proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems CHI'96, Vancouver, April 14-18, ACM Press, 1996.
- [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.
- [Keirseey et Bates, 84] Keirseey 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.
- [Knapp, 98] Knapp, M.E. *Knowledge Management: The Key to Success in the 21st Century in European Business Information Conference*. Lisbon, 1998.
- [Kogut, 92] Kogut, B., Zander, U., *Knowledge of the Firm, Combinative Capabilities, and the Replication of Technology*. *Organization Science*, 3: p. 383-397, 1992.

- [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 2<sup>nd</sup> International Conference on Design Theory and Methodology, Chicago, USA, pp.239-250, 1991.
- [Kota, 00] Kota S., Sethuraman K., and Miller R.. A metric for evaluating design commonality in product families. *Journal of Mechanical Design*, 122 : 403 – 410, 2000.
- [Kroeger et Thuesen, 88] Kroeger O., Thuesen J.M., “*Type Talk*”, New York Delacorte Press, 1988.
- [Kühn, 97] Kühn, O., Abecker, A., Corporate Memories for Knowledge Management in Industrial Practice: Prospects and Challenges. *Journal of Universal Computer Science*, 3(8): p. 929-954, 1997.
- [Kusiak, 99] Kusiak A. *Engineering Design : Products, Processes, and Systems*. Academic Press, San Diego, CA., 1999.
- [Kusiak, 96] Kusiak A. and Huang C.C.. Development of modular products. *IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technologie, Part A*, 19(4) :523–538, 1996.
- [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 Industry*, 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.
- [Lebeaume, 07] Lebeaume J., Colloque « Qu'est-ce qu'une formation professionnelle universitaire des enseignants ? » La formation professionnelle des professeurs de technologie est elle vraiment universitaire ?, Arras, 2007.
- [Le Boterf, 94] Le Boterf G., *De la compétence, essai sur un attracteur étrange. – Paris : Les Editions d'organisation, 1994.*
- [Le Boterf, 98] Le Boterf G., *Evaluer les compétences, quels jugements ? Quels critères ? Quelles instances ? Éducation Permanente, n° 135 La compétence au travail. – pp. 143-152, 1998.*
- [Le Boterf, 00] Le Boterf G., *Construire les compétences individuelles et collectives*. Paris, Editions d'organisations, France, 2000.

- [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.
- [Leclercq, 00] Leclercq D., *Pour une pédagogie universitaire de qualité*, Bruxelles, Mardaga, 2000.
- [L'écuyer, 90] L'écuyer R., *Méthodologie de l'analyse développementale de contenu : Méthode GPS et concept de soi*, Québec, PUQ, 1990.
- [Legardeur, 01] Legardeur J., *Méthodes et outils pour l'innovation produit/processus – Le cas de l'intégration des matériaux composites SMC*, Thèse de l'Institut National Polytechnique de Grenoble, France, 2001.
- [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.
- [Lee, 96] Lee H.L.. Effective inventory and service management through product and process redesign. *Operations Research*, 44(1) :151–159, 1996.
- [Lee, 97] Lee H.L. and Tang C.S. Modelling the costs and benefits of delayed product differentiation. *Management Science*, 43(1) :40–53, 1997.
- [Lee, 98] Lee H.L. and Tang C.S. Variability reduction through operations reversals. *Management Science*, 44(2) :162–171, 1998.
- [Lee, 00] Lee, C.C., Yang, J., Knowledge Value Chain. *Journal of Management Development*, 19(9): p. 783-793, 2000.
- [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 1<sup>er</sup> juillet 2005, Toulouse.
- [Le Moigne, 77] Le Moigne J.L., *La théorie du système général – Théorie de la modélisation*, Presses Universitaires de France, Paris, 1977.
- [Le Moigne, 79] Le Moigne, J.L. *Systémique et épistémologie*, Aix-en-Provence: Rapport de recherche, 1979.
- [Le Moigne, 90] Le Moigne J. L., « *La modélisation des systèmes complexes* », Bordas, 1990.
- [Le Moigne, 90] Le Moigne J.L. *La modélisation des systèmes complexes*. Paris, Dunod. Contribution au Grand Atelier MCX "Formation et Complexité" de Lille, septembre 2003
- [Le Moigne, 90] Le Moigne, J.L. (1983). *La théorie du système général, Théorie de la modélisation*, Presses Universitaires de France, 1990.
- [Le Moigne, 93] Le Moigne J.L. : « Sur l'Ingénierie de la connaissance organisationnelle », Note de recherche, 93-02, 1993
- [Leonard, 95] Leonard, D., *Wellsprings of Knowledge: Building and Sustaining the Sources of Innovation*. Boston: Harvard Business School Press, MA, 1995.
- [Leplat, 95] Leplat J., *À propos des compétences incorporées. Éducation permanente*, n° 123 Le développement des compétences, 1995.

- [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.
- [Levitt, 81] Readings in Basic Marketing, 1981 - Richard D. Irwin
- [Lewin, 75] Lewin K., « *Psychologie Dynamique* », Presses Universitaires de France, Paris, 1975.
- [Lewkowicz, 00] Lewkowicz M., *Conception de collecticiels pour la gestion coopérative des connaissances*, Thèse de doctorat, ENST, Paris, 2000.
- [Liebeskind, 96] Liebeskind, J.P., *Knowledge, Strategy, and the Theory of the Firm*. *Strategic Management Journal*, 17(Winter Special Issue): p. 93-107, 1996.
- [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.
- [Lockledge, 01] Lockledge J.C., Salustri F.A., *Design Communication using a Variation of the Design Structure Matrix*, 13th International Conference on Engineering Design, Glasgow, UK, 21-23 August 2001.
- [Loilier, 99] Loilier T., Tellier A., *Gestion de l'innovation – Décider, Mettre en oeuvre*, Diffuser, Les essentiels de la gestion, Editions Management Société, Caen, 1999.
- [Lonchamp, 04] Lonchamp 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

---

- [MacLean, 96] MacLean A., Young R.M., Bellotti V.M.E., Moran P., Questions, Options and Criteria: Elements of Design Space Analysis, Design Rationale : Concepts, Techniques and use, in T.P.Moran & J.M.Carroll (éds), Lawrence Erlbaum Associates, 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.
- [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.
- [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] Malhéné N., « Gestion du processus d'évolution des systèmes industriels – Conduite et méthode ». Thèse de doctorat. Université Bordeaux I, 2000.
- [Malvache, 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.
- [Mancel, 03] Mancel C., Huguet M.-J., Lopez P., Medjoudj M. et Valette R., Résolution intégrée d'ordonnancement et d'affectation : adaptation d'une méthode de recherche à divergence limitée à une approche fondée sur les réseaux de Petri et la logique linéaire. Actes de la 4<sup>ème</sup> Conférence Francophone de Modélisation et Simulation (MOSIM 03), Toulouse, France, 2003.
- [March, 84] March L., The Logic of Design, Development in design Methodology, Cross N. (éd.), John Wiley & Sons, 1984.
- [March, 91] March, J.G., Exploration and Exploitation in Organization Learning. Organization Science, 2: p. 71-87, 1991.
- [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.
- [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.
- [Martin, 99] Martin M.V.. Design for Variety : A methodology for developing Product Platform Architectures. Ph.D. Thesis, Stanford University, 1999.
- [Martinand, 85] Martinand J.L., Sciences, techniques, culture et profession. In A., Giordan, J.-L. Martinand et D., Raichvarg (Eds), Éducation

- scientifique et formation professionnelle, Actes JIES VII, Chamonix (pp. 27-35).
- [Martinand, 03] Martinand J.L., Questions actuelles de la didactique des sciences. In A. Giordan et al., Psychologie génétique et didactique des sciences. Bern : Peter Lang.
- [Martinand, 92] Martinand J.L., Astolfi, J.-P., Chomat, A., Drouin, A.-M., Genzling, J.-C., Larcher, C., Lemeignan, G., Méheut, M., Rumelhard, G. & Weil-Barais, A. (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.
- [Martinand, 94] INRP. Didactique des sciences et formation des enseignants, notes d'actualité, Didactique IV, Didactique des sciences et de la technologie et formation des enseignants, Les Sciences de l'Education pour l'Ere Nouvelle, 1/1994, C.E.R.S.E., Université de Caen, pp. 19-24
- [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.
- [Matta, 01] Matta N., Ermine J.L., Gestion des connaissances et conception mécanique, Journée AIP-Priméca « Dynamique des connaissances en conception : acquisition, capitalisation et réutilisation », Grenoble, France, 2001.
- [Mattessich et Monsey, 95] Mattessich P.W., Monsey B.R., "*Collaboration: What Makes It Work*", Amherst H. Wilder Foundation, St. Paul, 1995.
- [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.
- [Mélèse, 90] Mélèse J., "Au sujet de l'information" *In Approche systémique des organisation*, les Edition d'organisation, Paris, 1990.
- [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, 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.
- [Michaels, 06] Michaels, S., Goucher, N. P., McCarthy, D., Considering Knowledge Uptake within a Cycle of Transforming Data, Information, and Knowledge. *Review of Policy Research*, 23(1): p. 267-279, 2006.
- [Midler, 97] Midler C., « Evolution des modèles d'organisation et régulations économiques de la conception », *Annales des mines*, 1997.
- [MINEFI, 04] Ministère de l'économie de des finances. *Loi de Financement Intérieur 2004*. Paris, France. Ministère de l'économie de des finances, 2005 p.250. *Projet de Loi des Finances 2005*. Paris, France, 2004.
- [Minier & Brassard, 99] Minier, P. & Brassard, C., « Intégration des NTIC en formation des maîtres : principes directeurs, application et perspectives », *La revue de l'AQEFLS*, vol. 20 nos 3 et 4, p. 43-64, 1999.
- [Mintzberg, 89] Mintzberg H., « Le management : voyage au centre des organisations », Les Editions d'Organisation, 1989.
- [Moradi, 08] Moradi M., Brunel S., Vallespir B., Value chain approach to semantic process of knowledge creation: a perspective data to capability, 29th McMaster World Congress, Hamilton, Ontario, Canada, IMS - LAPS/GRAI University of Bordeaux 1, January 16-18, 2008.
- [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.
- [Mowery, 96] Mowery, D.C., Oxley, J. E., Silverman, B. S., Strategic Alliances and Interfirm Knowledge Transfer. *Strategic Management Journal*, 17(Winter Special Issue): p. 77-91, 1996.
- [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.

- [Naymark, 99] Naymark, J. "Typologie des produits et de dispositifs". In Naymark, J. (dir.). Guide du multimédia en formation. Paris : Retz. pp. 36-45, 1999.
- [Naymark, 04] Naymark, J. (2004). "À propos de la publication du FFOD, 'E-Learning et knowledge management : quelle convergence ?'". Distances et savoirs, vol. 1, 4. pp. 579-581.
- [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.
- [Nizet, 99] Nizet J., Pichault F., Configurations organisationnelles : Mintzberg revisité, Revue Française de Gestion, mars-avril-mai, pp 30, 1999.
- [Nonaka et Takeuchi, 95] Nonaka I., Takeuchi H., "The Knowledge-Creating Company : How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation", Oxford University Press, 1995.
- [Nonaka, 00] Nonaka, (2000), Toyama and Konno: SECI, "Ba and Leadership: a Unified Model of Dynamic Knowledge Creation", Long Range Planning 33, pp 5-34, 2000.
- [Nonaka, 94] Nonaka, I., (1994), a Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation. Organization Science, 5(1): p. 14-37, 1994.
- [Norrgrén et Schaller, 99] Norrgrén 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, 01] O'Donnell F.J., Duffy A.H.B., "Performance Management at Design Activity Level", Proceedings ICED01, Glasgow, août 2001.
- [O'Leary, 98] O'Leary Daniel E., Enterprise Knowledge Management, Computer, v.31 n.3, p.54-61, March 1998
- [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.

- [Ouazzani et al, 98] Ouazzani A., Bernard A., Bocquet J.C., Process modeling: a design history capture perspective, 2nd International Conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering, Compiègne, France, 1998.

## 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, 84] Pahl G., Beitz W., Engineering design, London, Design Council, 1984.
- [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.
- [Paquette, 02] Paquette G., L’ingénierie pédagogique : Pour construire l’apprentissage en réseau, Québec, PUQ, 2002.
- [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.
- [Pastré, 98] Pastré P., L’analyse des compétences en didactique professionnelle. – Colloque AECSE, 3/98, 1998.
- [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.
- [Perrenoud, 97] Perrenoud P., Construire des compétences dès l’école. Paris : ESF, 1997.
- [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), Europa 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.

- [Piore, 97] Piore M., Lester R., Kofman F., Male F., L'organisation du développement de produit, Les Limites de la rationalité, Reynaud B. (éd.), La Découverte, Paris, 1997, t.2
- [Polanyi, 66] Polanyi M., *"The Tacit Dimension"*, Routledge & Kegan Paul Ltd, Londres, 1966.
- [Pomian, 96] Pomian J., Mémoire d'entreprise : techniques et outils de la gestion du savoir, Sapienza, 1996.
- [Porter, 86] Porter M.E., *« Choix Stratégique et Concurrence »*, Economica, 1986.
- [Porter, 85] Porter, M.E., (1985), *Competitive Advantage.*, New York, NY: a Division of Macmillan Press Inc, 1985.
- [Porter, 90] Porter M.E., (1990), *"The Competitive Advantage of Nations"*, Harvard Business Review 90211, March, 1990.
- [Porter, 96] Porter M.E, in Harvard Business Review *« What is strategy? »*, November-December 1996.
- [Pourcel, 05] Pourcel C. et Clémentz C., 2005. Ingénierie des systèmes de production d'objets et ingénierie des systèmes de production de services : une même approche ? Exemple des systèmes de production de compétences.CIMQUSEF'2005, Casablanca, Maroc.
- [Pourcel, 02] Pourcel C. et Gourc D., 2002. MECI : Méthode de Modélisation pour la Conception Intégrée. 1ère Ecole de modélisation d'entreprise, Ecole des Mines d'AlbiCarmaux, France, 2002.
- [Pouts-Lajus, 98] Pouts-Lajus, S. & Riché-Magnier, M. L'école à l'heure d'Internet - Les enjeux du multimédia dans l'éducation. Paris : Nathan, 1998.
- [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.
- [Prahalad, 90] Prahalad, C.K., Hamel, G., *The Core Competence of the Corporation.* Harvard Business Review, p. 79-91, 1990.
- [Prusak, 96] Prusak, L., *The Knowledge Advantage. Strategy and Leadership*, 24: p. 6-8, 1996.

## Q

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

## R

- [Rabardel, 95] Rabardel P., Les hommes et les techniques, Approche cognitive des instruments contemporains, Paris, Armand Colin, 1995.
- [Reeves, 96] Reeves, T.C, « A Ten Dimensions Model for Web-based Instruction », dans Ottman, T. & Tomek, I., EDMEDIA '96, Charlottesville, VA, Association for the Advancement of Computing in Education, 1996.
- [Reeves, 97] Reeves, T.C., Evaluating What Really Matters in Computer-Based Instruction [En ligne : 05/11/2002], 1997.  
<http://www.educationau.edu.au/archives/cp/REFS/reeves.htm>
- [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.
- [Renauld et al, 05] Renauld R., Pourcel C. et Clémentz C. Définition et déploiement de la stratégie des systèmes de production de connaissances et de compétences. CIMQUSEF'2005, Casablanca, Maroc, 2005.
- [Renauld et al, 04] Renauld R., Bistorin O., Clémentz C., Padilla P., Pourcel C. et Stock R. Amélioration des performances des systèmes de production de compétences : réflexions sur l'intégration des connaissances et des compétences. 2ème colloque C2EI, Nancy, France, 2004.
- [Rekiek, 00] Rekiek B., Assembly line Design. Thèse de Doctorat, Bruxelles, Belgique, 2000.
- [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., « Intégration 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.

- [Romhardt, 97] Romhardt, M., Probst, G., *Building Blocks of Knowledge Management- A Practical Approach*. Input-Paper for the Seminar: Knowledge Management and the European Union- Toward a European Knowledge Union, 1997.
- [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 I., 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 : CO<sup>2</sup>MED (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, 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.
- [Roozenburg, 95] Roozenburg N.F., Eeckels J., *Product Design : Fundamentals and Methods*, John Wiley & Sons, 1995.
- [Roth, 96] Roth, A.V., *Achieving Strategic Agility through Economies of Knowledge. Strategy and Leadership*, 24: p. 30-37, 1996.
- [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.

- [Russ, 06] Russ, M., Jones, J.K., Fineman. R., Toward a Taxonomy of Knowledge-Based Strategies: Early Findings. *Int. J. Knowledge and Learning*, 2(1/2): p. 1-40, 2006.

## S

---

- [Sadfi, 02] Sadfi C., « Problèmes d'ordonnement avec minimisation des encours », Thèse Institut National Polytechnique de Grenoble, 2002.
- [Salau, 95] Salau I., La conception distribuée – théorie et méthodologie, thèse de l'université Nancy 1, France, 1995.
- [Samier, 99] Samier N., De la productivité du capital humain à la performance des ressources humaines : vers une pertinence des modèles d'évaluation, Journées d'étude Le Capital Humain – Dimensions économiques et managériales, Presses de l'Université d'Angers, 1999.
- [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.
- [Saucier, 97] Saucier A., Un modèle multi-vues du produit pour le développement et l'utilisation de systèmes d'aide à la conception en ingénierie mécanique, thèse de l'École Normale Supérieure de Cachan, France, 1997.
- [Shimomura & al. 95] Shimomura Y., Takeda H., Yoshioka M., Umeda Y., Tomiyama T., Representation of design object based on the functional evolution process model, Design Engineering Technical Conferences, ASME'95, Boston, USA, 1995
- [Schön, 83] Schön D.A., "The reflective practitioner: How professionals think in action", Basic Books, New York, 1983.
- [Schön, 97] Schön D., Apprentissage organisationnel et épistémologie de la pratique, Les Limites de la rationalité, Reynaud B. (éd.), La Découverte, Paris, t.2, 1997.
- [Schreiber, 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.
- [Schreiber, 88] Schreiber G., Breuker J., Biedeweg B., Wielinga B.J., Modelling in KBS development, Avignon, 1 : 283-296, 1988.
- [Seel & Dijkstra, 97] Seel N. & Dijkstra S., « General Introduction », dans S. Dijkstra, N. Seel, F. Schott & R.D. Tennyson, *Instructional Design : International Perspectives*. (vol. 2), Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, p. 1-13, 1997.
- [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, 69] Simon H.A., *Sciences des systèmes Sciences de l'artificiel*. Afcet Systèmes, Dunod, 1969.

- [Simon, 73] Simon H.A., "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.
- [Simon, 97] Simon G., (1997) *Modèles et méthodes pour la conception des mémoires d'entreprise – Le système DOLMEN : une application en métallurgie*, Thèse de doctorat, Nancy, 1997.
- [Simon, 01] Simon G., *Capitaliser les connaissances par la mise en œuvre de mémoires d'entreprise techniques, Ingénierie et capitalisation des connaissances*, Hermès, Paris, pp 133-152, 2001.
- [Simpson, 00] Simpson T.W., Maier J.-R.A., and Mistree F. *Product platform design : method and application*. *Res Eng Design*, 13 : 2–22, 2000.
- [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.
- [Smuts, 26] Smuts Jan. *Holism and Evolution*. Londres: Macmillan & Co Ltd, 362 p, 1926.
- [Sohlenius, 92] Sohlenius G., "Concurrent Engineering", *Annals of the CIRP*, Vol. n°41/2, pp. 645-655, 1992.
- [Spender, 96a] Spender J.C., Grant, R. M., (1996), *Knowledge and the Firm: Overview*. *Strategic Management Journal*, 17(Winter Special Issue): p. 5-9, 1996.
- [Spender, 96b] Spender J.C., *Making Knowledge the Basis of a Dynamic Theory of the Firm*. *Strategic Management Journal*, 17(Winter Special Issue): p. 45-62, 1996.
- [Spinelli, 04] Spinelli, B. & Dolci, R. "Création d'une culture partagée dans un environnement de communication virtuelle". Présentation proposée à la journée Formations en langues et Internet : quels aspects collaboratifs ?, ÉNS LSH, Lyon, mars 2004.  
[http://www.inrp.fr/rencontres/seminaires/2004/praxis/Lyon2004\\_B.pp\\_t](http://www.inrp.fr/rencontres/seminaires/2004/praxis/Lyon2004_B.pp_t)
- [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.
- [Sriram, 89] Sriram D., Stephanopoulos G., Logcher R., Gossard D., *Knowledge based system. Applications in engineering design*, *AI magazine*, Vol. 10, n° 3, pp79-95, 1989.
- [Stadzisz, 97] Stadzisz P.C., *Contribution à une Méthodologie de Conception Intégrée des Familles de Produits pour l'assemblage*. Thèse de Doctorat, Université de Franche-Comté, 1997.
- [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.

- [STEP, 03] STandard for Exchange of Product data, norme ISO -10303, destinée à l'échange, au partage et à l'intégration de données techniques entre applications de type CAO ou associées, 2003.
- [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.
- [Szulanski, 96] Szulanski, G., Exploring Internal Stickiness: Impediments to the Transfer of Best Practices within the Firm. *Strategic Management Journal*, 17(Winter Special Issue): p. 27-43, 1996.

## 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
- [Tarondeau, 98] Tarondeau J.-C., *Le management des savoirs*. Paris : PUF, 1998.
- [Teece, 97] Teece, D.J., Pisano, G., Shuen, A., Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*, 18(7): p. 509-533, 1997.
- [Teece, 00] Teece, D.J., Strategies for Managing Knowledge Assets: the Role of Firm Structure and Industrial Context. *Long Range Planning*, 33: p. 35-54, 2000.
- [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.
- [Temri, 00] Temri Leïla, Les processus d'innovation : une approche par la complexité, *IX<sup>e</sup> Conférence Internationale de Management Stratégique AIMS 2000*, Montpellier, France, 24-25-26 mai 2000.
- [Thoben, 01] Thoben KD, Jagdev H, Eschenbacher J. Extended products: evolving the traditional product concepts. In: *Proceedings of the Seventh International Conference on Concurrent Enterprising: Engineering the Knowledge Economy through Co-operation*, Bremen, 27–27 June 2001.
- [Thonemann, 00] Thonemann U.W. and Brandeau M.. Optimal commonality in component design. *Operations Research*, 48(1) : 1–19, 2000.
- [Thurber, 99] Thurber M., "Open road to strategic value: knowledge discovery framework for data warehouses", *Intelligent Enterprise*, Vol.2, n°8, 1999.
- [Tichkiewitch 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.
- [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.

- [Tichkiewitch 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.
- [Tichkiewitch, 97] Tichkiewitch S., La communication entre acteurs dans un processus de conception intégrée, Entreprises communicantes Tendances et enjeux, Université Pôle Productique Rhône-Alpes, 5e session, 8-12 septembre 1997
- [Tisseyre, 99] Tisseyre R-C, Knowledge Management, Théorie et pratique de la gestion des connaissances, HERMES sciences publications, 1999
- [Toffler, 90] Toffler A., Powershift: Knowledge, Wealth and Violence at the Edge of the 21st Century., New York: Bantam Books, 1990.
- [Tollenaere 92] Tollenaere M., Quel modèle de produit pour concevoir ?, Symposium International La conception en l'an 2000 et au-delà : outils et technologies, Strasbourg, France, 1992
- [Tourtier, 95] Tourtier P.-A. , « Analyse préliminaire des métiers et de leurs interactions. », Rapport intermédiaire du projet GENIE, INRIA-Dassault-Aviation, 1995.
- [Tricot, 03] Tricot A. & Plégat-Soutjis, F., "Pour une approche ergonomique de la conception d'un dispositif de formation à distance utilisant les TIC". Revue Sticef (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation), vol. 10. [http://sticef.univ-lemans.fr/num/vol2003/tricot-07s/sticef\\_2003\\_tricot\\_07s.htm](http://sticef.univ-lemans.fr/num/vol2003/tricot-07s/sticef_2003_tricot_07s.htm), 2003.
- [Trousse, 97] Trousse B., Vers des outils d'aide à la conception coopérative : « design groupware » (chapitre 17), *Connaissances et savoir-faire en entreprise*, Fouet J.M. (coord.), Hermès, Paris, 1997.
- [Twede, 00] Clarke R.H., and J.A. Tait J.A., Packaging postponement: A global packaging strategy. *Packaging technology and science*, 13 :105–115, 2000.
- [Tyler, 50] Tyler R.W., Basic principles of curriculum and instruction. Chicago: University of Chicago Press, 1950.
- [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.
- [Ulrich 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

- 
- [Van Heijst, 96] Van Heijst G., Van Der Spek R. & Kuizinga E.: «Organizing Corporate Memories», Proceedings of the 10th Knowledge

- Acquisition for Knowledge-based Systems Workshop (KAW'96), pp. 42/1-42/17, 1996.
- [Vargas, 95] Vargas C., Modélisation du processus de conception en ingénierie des systèmes mécaniques - Mise en œuvre basée sur la propagation des contraintes - Application à la conception d'une culasse automobile, Thèse de l'Ecole Normale Supérieure de Cachan, France, 1995.
- [Vergnaud, 96] Vergnaud G., Vers une théorie intégrée de la représentation. – Informatique et éducation : regards cognitifs, pédagogiques et sociaux. Textes issus du séminaire Informatique et formation des enseignants, sous la direction de G. L. Baron et E. Bruillard. – Paris : Institut National de Recherche Pédagogique, 1996.
- [Vernadat, 96] Vernadat F.B., Enterprise Modeling and Integration: Principles and Applications. London: Chapman & Hall, 1996.
- [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.
- [Vygotsky, 30] Vygotsky L., Mind and society : the Development of Higher psychological Processes, Cambridge, Harvard University Press. (Voir également Vygotsky aujourd'hui, sous la direction de B. Schneuwly et J-P. Bronckart, Delachaux et Niestlé, Neuchâtel-Paris, 1985), 1930.

## 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.
- [Weaver, 48] Weaver, W. Science and complexity, In: American Scientist, vol. 36, 1948.
- [Webster, 61] Webster, Webster's New Twentieth-Century Dictionary of the English, Unabridged Language., New York, NY, 1961.
- [Weill-Fassina, 93] Weill-Fassina A., Dynamique des représentations et gestion des actions, Représentations pour l'action, Weill-Fassina A., Rabardel P., Dubois D. (dir.), Octarès, Toulouse 1993.
- [Weinberg, 75] Weinberg, G.M. An Introduction to General Systems Thinking, John Wiley & Sons, 1975.
- [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.
- [Wielinga, 93] Wielinga B.J., Van de Velde W., Schreiber G., Akkermans H., Expertise model definition document, Research model KADS II/M2/UvA/026/1.1, ESPRIT Project P5248 KADS II, KADS II Consortium, 1993.
- [Wiener, 48] Wiener Norbert. Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine. Wiley, 1948 - ISBN 026273009X , 1948.

- [Wiener, 61] Wiener, N. *Cybernetics*, MIT Press et New York: J. Wiley (édition révisée, 1961).
- [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.
- [Wilson, 84] Wilson, B. *Systems: Concepts Methodologies and Applications*, John Wiley & Sons, 1984.
- [Winter, 87] Winter S.G., Knowledge and Competence as Strategic Assets, in the Competitive Challenge: Strategies for Industrial Innovation and Renewal, D.J. Teece, Editor. Cambridge, MA: Ballinger. p. 159-184, 1987.
- [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.
- [Wittorski, 98] Wittorski R., De la fabrication des compétences. – Education Permanente, n° 135 La compétence au travail. – pp. 57-70, 1998.

## X

---

- [Xuereb, 91] Xuereb J.M., *Une redéfinition du processus d'innovation*, Revue française de gestion, juin/juillet/août, 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 IDMMME'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

---

- [Zack, 01] Zack, M.H., If Managing Knowledge Is the Solution, Then What's the Problem? In *Knowledge Management and Business Model Innovation*, Y. Malhotra, Editor. Idea Group Publishing: Hershey, PA. p. 16- 36, 2001.
- [Zacklad, 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.





## **Annexe 1**

# **Les différents critères de l'environnement social et culturel**

# Sommaire

1.	Les différents critères généraux.....	209
1.1	Les critères politiques.....	209
1.2	Les critères économiques.....	209
1.3	Les critères sociaux internes et externes.....	210
1.4	Les critères de l'environnement culturel.....	211
1.5	Les critères de l'environnement législatif.....	211
1.6	Les critères liés à l'environnement écologique.....	211
1.7	Les critères de la culture scientifique et technique.....	212
1.8	Les critères des réseaux de partenaires possibles.....	213

## 1. Les différents critères généraux

Nous proposons alors des critères généraux pouvant donner des indications de plus en plus précises sur l'état du marché dans lequel se trouve l'entreprise. Ces critères se voient affiner par accumulation, agrégation tout au long du cycle de vie du produit.

Critères	Degré d'importance
Le P.I.B par habitant	0,97
La consommation d'énergie par habitant	0,95
Le PIB de la population active dans l'agriculture	0,81
Le nombre de médecins pour 100 000 habitants	0,81
Le tirage de journaux pour 1 000 habitants	0,80
Le pourcentage de la population non agricole	0,79
La concentration des naissances d'après l'âge de la mère	0,77
Les exportations d'articles manufacturés par habitant	0,76
La durée de vie moyenne	0,71
Le taux d'alphabètes	0,69
La part de l'industrie manufacturière dans le PIB	0,66
Le taux de scolarisation	0,64

Tableau 1.A1 : Critères généraux

### 1.1 Les critères politiques

Le système politique, l'organisation de l'état et ses fonctions régaliennes : Questionnement sur la prégnance : prégnant fort, interventionniste, libéral, prégnant faible, non interventionniste, anti libéral, inexistant.

Le territoire : Homogène, hétérogène, étendu, concentré. Les fuseaux horaires, les infrastructures.

### 1.2 Les critères économiques

Ces critères énoncés dans le Tableau 2.A1 permettent de mettre en évidence la structure avec laquelle l'entreprise pourra traiter. En effet très souvent les produits tels que nous les envisageons ne sont pas vendus à des individus mais le plus souvent à des structures identifiées. Exemple : établissements scolaires, universités, ...

			Oui	Non
Potentiel économique	Potentiel de création de richesse	Profit opérationnel		
		Résultats avant intérêts		
		Taxes en % du chiffre d'affaire		
		Amortissement en % du chiffre d'affaire		
Risques	Procédures de gestion des risques	Présence d'un plan d'organisation		
		Présence d'un plan d'action		
Clients	Contrôle de qualité	Certificat ISO 9000		
		Présence d'un système de gestion de la qualité		
	Communication	Dialogue avec le client		
		Gestion des plaintes		
		Enquêtes de satisfaction		
		Effort de qualité de l'information		
Fournisseurs	Relations avec les fournisseurs	Présence de relations saines		
Ethique	Codes	Infractions		
		Vérifications des infractions		
		Remédiations des infractions		
	Implications	Productions de produits éthiquement limités		
		Identification du degré d'acceptation dans la société		
		Identification du degré d'acceptation dans les normes et codes internationaux		

Tableau 2.A1 : Critères économiques

### 1.3 Les critères sociaux internes et externes

Les critères sociaux peuvent participer à la description au sein même d'une entreprise. Cela peut nous donner des indications sur l'état des facteurs environnementaux de la structure sociale pour lequel le produit est destiné.

			Oui	Non
Les acteurs en interne	Compétences techniques des acteurs	Savoir faire		
		Méthodes		
		connaissances		
	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		
Les acteurs en externe	Perception externe	Bruit		
		Environnement visuel		
		Image de marque		
		Santé du personnel		
		Intégration dans l'environnement proche des riverains		
		Sécurité des personnels		
		Sécurité des riverains		

Tableau 3.A1 : Critères sociaux internes et externes.

## 1.4 Les critères de l'environnement culturel

Plusieurs critères apparaissent dans cet environnement directement liés à la problématique du produit. Les produits s'intègrent de plus en plus dans l'offre et la diversité des actions culturelles ; ils font partie intégrante des comportements culturels de nos contemporains.

Communication			Oui	Non
	Média	Affichage		
		Cinéma		
		Presse		
		Radio		
		Télévision		
		Internet		
	Hors média	Relations publiques		
		Marketing direct		
		Le mécénat		
	Média planning	Choix des supports		
		Budget		
		Canal de distribution spécifique		
	Publipostage	Fichier prospects		
	Analyse de l'efficacité	Image		
		Communication urbaine		
	Langage	Langue officielle		
		dialectes majoritaires		
		langues ethniques		
	Les tabous sociaux	Libéral		
		doctrinal,		
		dogmatique,		
		sujet à interprétation,		
		explicite,		
		implicites,		
		non-dits oraux,		
		non-dits comportementaux.		
	Les croyances	Prégnance d'une structure religieuse ou spirituelle forte		
		organisation laïque intégrale.		

Tableau 4.A1 : Critères de l'environnement de communication.

## 1.5 Les critères de l'environnement législatif

			Oui	Non
Système judiciaire	opérationnel	Les lois et règlements		
		Normes		
	niveau de corruption	Elevé		
		Faible		

Tableau 5.A1 : Critères de l'environnement législatif

## 1.6 Les critères liés à l'environnement écologique

Les critères environnementaux peuvent participer à la description de l'environnement au sein même d'une entreprise. Cela peut nous donner des indications sur l'état des facteurs de la

structure environnementale pour lequel le produit est destiné. Dans le Tableau 6.A1 sont listés les critères permettant de mieux se rendre compte des engagements concrets qu'impose un investissement de toute l'entreprise dans un processus de préservation environnemental réfléchi.

			Oui	Non
		Prélèvement de matières		
		Déversement de produits chimiques		
		Apport de chaleur		
		Impact biologique sur l'écosystème local.		
Niveau Stratégique	Principes	L'entreprise a-t-elle fait une déclaration publique de politique environnementale ?		
	Engagements publics	Dialogue avec des parties prenantes		
		Coopération à des initiatives gouvernementales		
		En accord avec les obligations légales		
Gestion	Système de gestion	Présence de système de gestion		
		Présence de système de certification		
		Certification ISO14001		
	Implication des acteurs	Les acteurs de l'entreprise sont impliqués dans l'élaboration et l'exécution de la politique environnementale		
		Intégration de la politique environnementale dans la hiérarchie		
Production	Impact environnemental Input	Diminution de la consommation d'énergie		
	Impact environnemental Output	Diminution d'émissions dans l'eau, l'air et le sol		
	Réduction des déchets	Diminution de la quantité de déchets		
		Diminution de la nocivité des déchets		
		Utilisation des méthodes de traitement des déchets		
	Prescription aux sous traitants	Diminution de l'impact de la chaîne d'approvisionnement		
Produits	Impact	Définition de la nature de l'impact		
		Mesure de l'ampleur de l'impact		
		Emergence du suivi environnemental au cours du cycle de vie du produit		
		Mise en œuvre de procédure d'éco design		

Tableau 6.A1 : Critères écologiques

### 1.7 Les critères de la culture scientifique et technique

Ces indicateurs sont intéressants pour les produits ayant pour cible les structures de transmission de connaissances (universités par exemple), confrontées à la culture scientifique et technique.

			Oui/Nbr	Non/Nbr
Indicateurs d'entrée	Nombre d'agences ou d'institutions			
	Placements monétaires			
	Les capacités de travail			
	Équipement			
Indicateurs de pratique	Nombre des personnes concernées dans une pratique donnée	Lecture		
		Visite de musée		
	La pratique	Durée		
		Fréquence		
Indicateurs de sortie	Nombre des produits	Biens		
		Services		
		Activités		
		Diplômes		
	Valeur monétaire des produits	Elevée		
	Nombre de personnes possédant les attributs suivants	La connaissance des faits		
		Savoir-faire		
Valeurs,				
Représentations				
Comportements				
	Attitudes			
	Qualité et degré de maîtrise de ces attributs	Satisfaisante		

Tableau 7.A1 : Critères de la culture scientifique et technique

## 1.8 Les critères des réseaux de partenaires possibles

Dans le Tableau 8.A1 sont listés quelques critères possibles permettant d'identifier les partenaires potentiels lors d'un développement d'un futur produit.

Stratégie		Personnel	Politique du personnel	Identique	Différente
			Qualité de la gestion du personnel	Satisfaisante	Insatisfaisante
		Information	Diffusion de l'information en interne	Accès facilité	Accès difficile
			Diffusion de l'information en externe	Accès facilité	Accès difficile incompatible
Emploi			Taux de création d'emploi		
			Taux de maintien de l'emploi		
Contenu du travail		Formation	Mesure de l'effort consenti par l'entreprise pour la formation de ses employés	Effort important	Effort inexistant
			Efforts consentis pour le développement personnel de ses employés	Effort important	Effort inexistant
			Communication entre les employés et la direction	Présence de canaux de communication	Pertinence des canaux de communication
		Egalité des chances	Formalisation de la politique d'égalité des chances	Engagement effectif	Pas d'engagement
Santé et bien être au travail		Politique de santé et sécurité	Développement de la politique d'hygiène et sécurité	Service existant et spécifique	Aucun service dédié
			Circonstances de travail favorable	Ergonomie sociale	Absence d'ergonomie sociale
			Politique concernant les accidents de travail	Fréquence des accidents	Evolution de la gravité

Tableau 8.A1 : Critères des partenaires possibles



## **Annexe 2**

### **Les écrans de l'outil « Matrice LRI »**

Critères		Niveau	Choix possible	Echelle de 1 à 4												
C 1	Indice de transparence. Possède t'il des éléments qui permettent de voir les structures internes	1 non 4 transparence totale	1234	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	1	0	0	0	1
C 2	Le produit est-il en conformité avec les IO.	1 non 4 totalement	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	0	0	0	4	4
C 3	Contenus respectant la rigueur scientifique	1 non 4 totalement	14	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	1	0	0	0	1
C 4	Niveau de l'accessibilité interne	1 aucun accès 2 Accès à l'élément principal 3 Accès aux éléments complémentaires 4 accès simple	1234	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	0	0	0	4	4
C 5	Nécessite du présentiel	1 présence du professeur obligatoire 2 Intervention fréquente 3 InterventionS rares 4 autonome complète	1234	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0	3	0	3
C 6	Améliore de façon certaine la pratique de l'enseignant au regard de supports plus traditionnels	1 ne change rien 4 change tout	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	0	0	0	4	4
C 7	Facilite la mise en œuvre de situations pédagogiques	1 perturbe la mise en œuvre 4 facilité grandement	1234	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	0	0	0	4	4
C 8	Permet de gérer l'hétérogénéité	1 non 2 du groupe 3 individuellement 4 totalement	1234	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FAUX	VRAI	FAUX	FAUX	0	2	0	0	2
C 9	Favorise autonomie	1 non 4 totalement	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	0	0	0	4	4
C 10	Analyse critique de l'erreur	1 non 4 totalement	14	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	1	0	0	0	1
C 11	Posséder le label IMS ICO	1 non 4 Possède le label IMS ICO	14	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	1	0	0	0	1
C 12	Modularité	1 non 2 éléments simples 3 éléments plus complexes 4 modulaire totalement	1234	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FAUX	VRAI	FAUX	FAUX	0	2	0	0	2
C 13	S'intègre facilement dans un processus didactique existant	1 non 4 totalement	1234	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	0	0	0	4	4
C 14	Taux d'affordance. Le produit donne par lui-même son utilisation	1 non 4 très bien	1234	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	0	0	0	4	4
C 15	Suivi de la progression	1 ne permet pas de le suivi 4 garde la trace de la progression	14	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	1	0	0	0	1
C 16	Enregistrement des réponses données	1 n'enregistre pas 2enregistre au cours de la séance 3 enregistre au cours de la séquence 4 enregistre toutes les données	1234	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	1	0	0	0	1
C 17	Adaptation au niveau de l'apprenant	1 est inadapté 2 adapté partiellement 3 peut s'adapter 4 Parfaitement adapté	1234	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	0	0	0	4	4
C 18	Variation des modes d'intervention	1 intervention très normée 4 permet des modes d'intervention plus souples	1234	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0	3	0	3
C 19	Intégration dans l'organisation de la séance de cours	1 très difficile à intégrer 4 Aucun problème d'intégration	1234	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	0	0	0	4	4
C 20	Permet le travail individuel	1 non 4 oui	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	0	0	0	4	4
C 21	Permet le travail à deux	1 non 4 oui	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	0	0	0	4	4
C 22	Permet le travail par petit groupe	1 non 4 oui	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	0	0	0	4	4
C 23	Permet le travail en groupe classe	1 non 4 oui	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	0	0	0	4	4
C 24	Le langage utilisé est correct	1 non 4 oui	14	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	1	0	0	0	1
C 25	Nécessite un support audiovisuel	1 nécessite un investissement supplémentaire 4 s'intègre dans l'existant	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	0	0	0	4	4
C 26	Nécessite une interface numérique	1 oui 4 non	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	0	0	0	4	4
C 27	Nécessite une aide en ligne	1 oui 4 non	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	0	0	0	4	4
C 28	Terminologie spécifique	1 nécessite un vocabulaire spécifique nécessitant un apprentissage 4 aucun apprentissage connexe	1234	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FAUX	VRAI	FAUX	FAUX	0	2	0	0	2
C 29	Notations spécifiques	1 nécessite une notation spécifique 4 aucune notation spécifique	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	0	0	0	4	4
C 30	Formules spécifiques	1 nécessite l'utilisation de formules 4 aucune formule inconnue	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	0	0	0	4	4
C 31	Définitions spécifiques	1 nécessite l'apprentissage de définitions inconnues 4 aucune définition inconnue	14	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	1	0	0	0	1
C 32	Est-il déplaçable ?	1 non 4 oui	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	0	0	0	4	4
C 33	Permet-il de diversifier les tâches ?	1 non 4 oui	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0	3	0	3
C 34	Robustesse	1 fragile 2 certaines parties importantes sont fragiles 3 certaines parties peu importantes sont fragiles 4 parfaitement	1234	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FAUX	VRAI	FAUX	FAUX	0	2	0	0	2
C 35	A-t-on besoin de pièces de rechange ,	1 oui 4 non	14	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	1	0	0	0	1
C 36	Niveau d'usure sur l'année	1 très usé 2 certaines parties vitales usées 3 quelques partie non vitales usées 4 pas d'usure	1234	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FAUX	VRAI	FAUX	FAUX	0	2	0	0	2

Figure 1.A2 : Outil écran 1



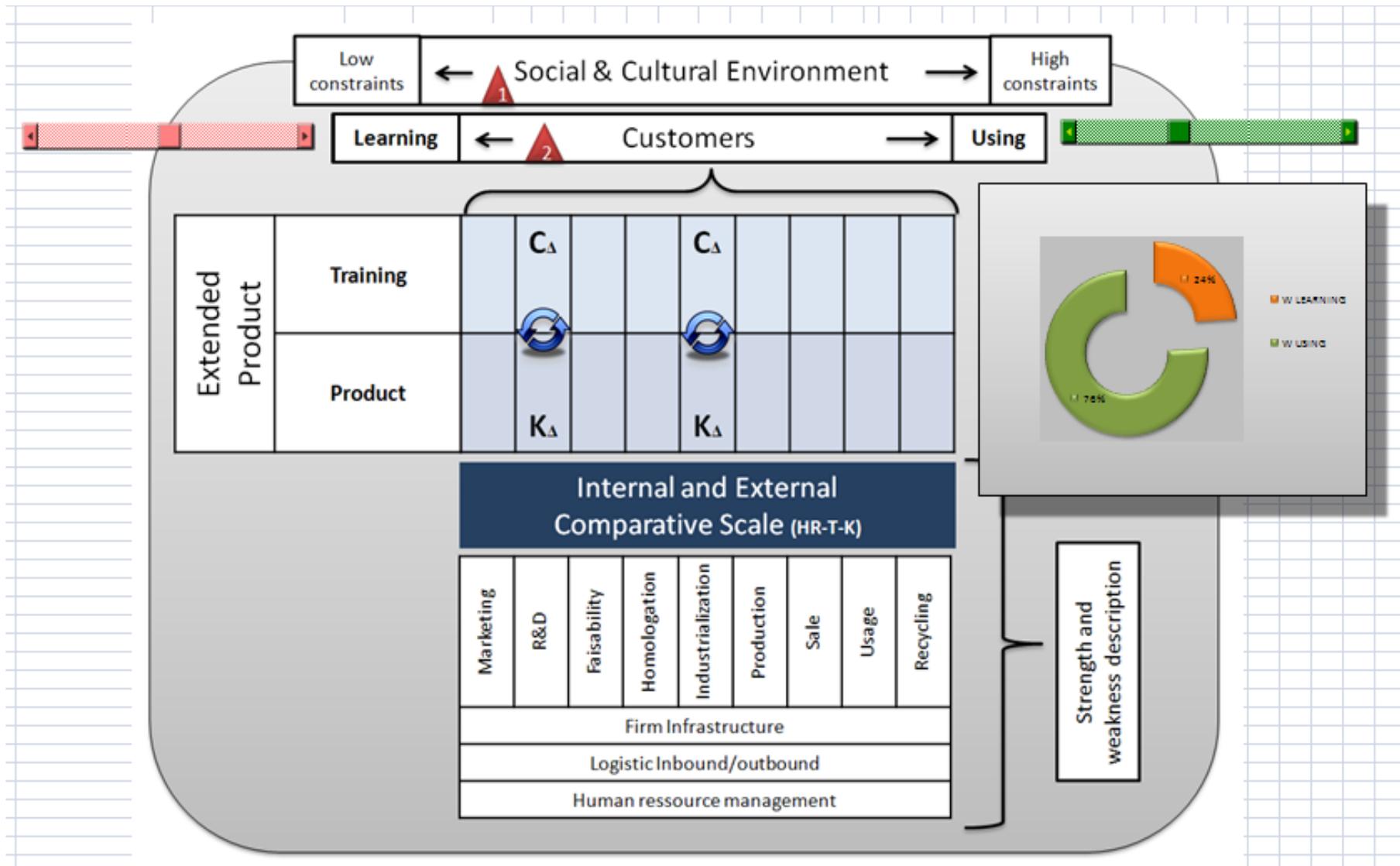


Figure 3.A2 : Outil écran 3

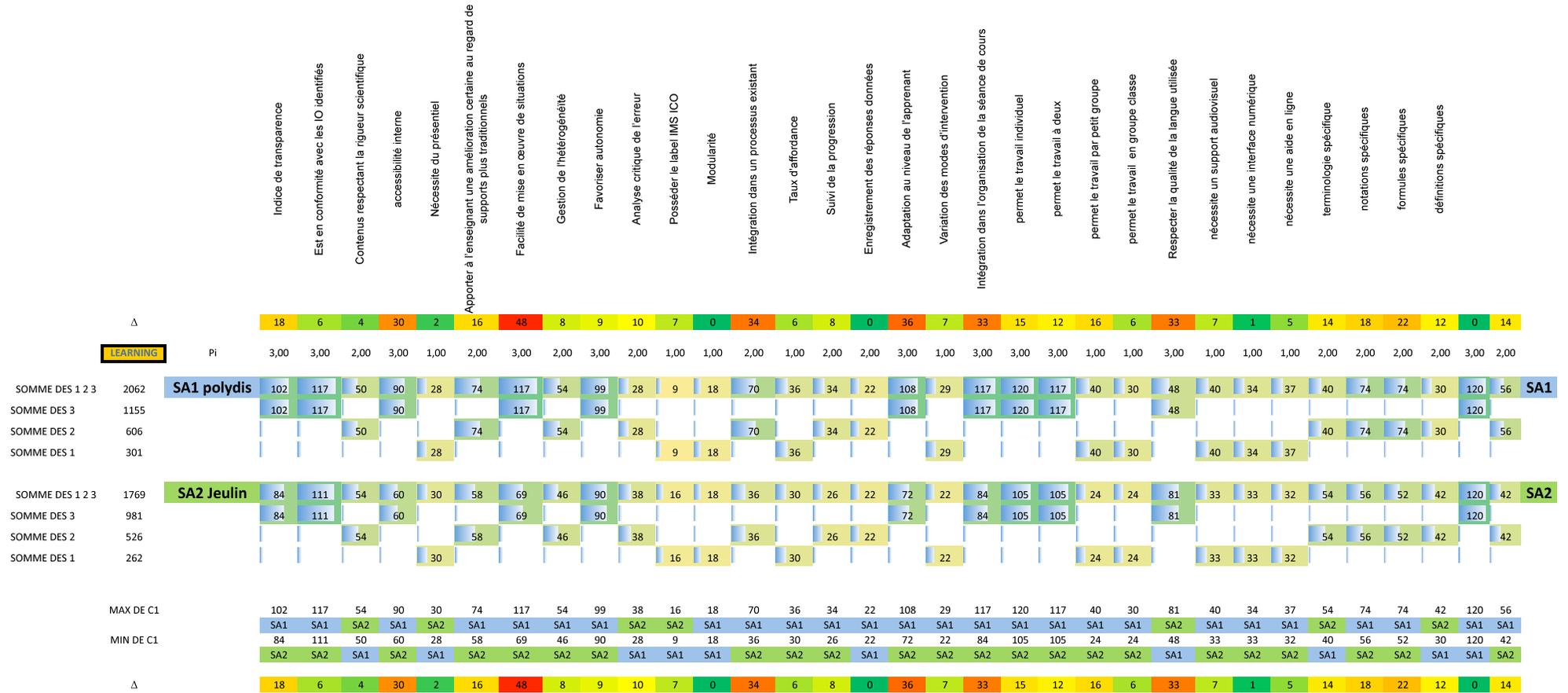


Figure 4.A2 : Outil écran 4

	Critères	Niveau	Choix possible	Echelle de 1 à 4															
C 1	Indice de transparence. Possède t'il des éléments qui permettent de voir les structures internes	1 non 4 transparence totale	1234	<input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	FAUX	1	0	0	0	1					
C 2	Le produit est-il en conformité avec les IO.	1 non 4 totalement	14	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0	0	4	4					
C 3	Contenus respectant la rigueur scientifique	1 non 4 totalement	14	<input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	FAUX	1	0	0	0	1					
C 4	Niveau de l'accessibilité interne	1 aucun accès 2 Accès à l'élément principal 3 Accès aux éléments complémentaires 4 accès simple	1234	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0	0	4	4					
C 5	Nécessite du présentiel	1 présence du professeur obligatoire 2 Intervention fréquente 3 InterventionS rares 4 autonome complète	1234	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	FAUX	0	0	3	0	3					
C 6	Améliore de façon certaine la pratique de l'enseignant au regard de supports plus traditionnels	1 ne change rien 4 change tout	14	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0	0	4	4					
C 7	Facilite la mise en œuvre de situations pédagogiques	1 perturbe la mise en œuvre 4 facilité grandement	1234	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0	0	4	4					
C 8	Permet de gérer l'hétérogénéité	1 non 2 du groupe 3 individuellement 4 totalement	1234	<input type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	FAUX	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	0	2	0	0	2					
C 9	Favorise autonomie	1 non 4 totalement	14	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0	0	4	4					
C 10	Analyse critique de l'erreur	1 non 4 totalement	14	<input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	FAUX	1	0	0	0	1					
C 11	Posséder le label IMS ICO	1 non 4 Possède le label IMS ICO	14	<input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	FAUX	1	0	0	0	1					
C 12	Modularité	1 non 2 éléments simples 3 éléments plus complexes 4 modulaire totalement	1234	<input type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	FAUX	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	0	2	0	0	2					
C 13	S'intègre facilement dans un processus didactique existant	1 non 4 totalement	1234	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0	0	4	4					
C 14	Taux d'affordance. Le produit donne par lui-même son utilisation	1 non 4 très bien	1234	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0	0	4	4					
C 15	Suivi de la progression	1 ne permet pas de le suivi 4 garde la trace de la progression	14	<input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	FAUX	1	0	0	0	1					
C 16	Enregistrement des réponses données	1 n'enregistre pas 2enregistre au cours de la séance 3 enregistre au cours de la séquence 4 enregistre toutes les données	1234	<input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	FAUX	1	0	0	0	1					
C 17	Adaptation au niveau de l'apprenant	1 est inadapté 2 adapté partiellement 3 peut s'adapter 4 Parfaitement adapté	1234	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0	0	4	4					
C 18	Variation des modes d'intervention	1 intervention très normée 4 permet des modes d'intervention plus souples	1234	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	FAUX	0	0	3	0	3					
C 19	Intégration dans l'organisation de la séance de cours	1 très difficile à intégrer 4 Aucun problème d'intégration	1234	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0	0	4	4					
C 20	Permet le travail individuel	1 non 4 oui	14	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0	0	4	4					
C 21	Permet le travail à deux	1 non 4 oui	14	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0	0	4	4					
C 22	Permet le travail par petit groupe	1 non 4 oui	14	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0	0	4	4					
C 23	Permet le travail en groupe classe	1 non 4 oui	14	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0	0	4	4					
C 24	Le langage utilisé est correct	1 non 4 oui	14	<input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	FAUX	1	0	0	0	1					
C 25	Nécessite un support audiovisuel	1 nécessite un investissement supplémentaire 4 s'intègre dans l'existant	14	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0	0	4	4					
C 26	Nécessite une interface numérique	1 oui 4 non	14	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0	0	4	4					
C 27	Nécessite une aide en ligne	1 oui 4 non	14	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0	0	4	4					
C 28	Terminologie spécifique	1 nécessite un vocabulaire spécifique nécessitant un apprentissage 4 aucun apprentissage connexe	1234	<input type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	FAUX	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	0	2	0	0	2					
C 29	Notations spécifiques	1 nécessite une notation spécifique 4 aucune notation spécifique	14	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0	0	4	4					
C 30	Formules spécifiques	1 nécessite l'utilisation de formules 4 aucune formule inconnue	14	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0	0	4	4					
C 31	Définitions spécifiques	1 nécessite l'apprentissage de définitions inconnues 4 aucune définition inconnue	14	<input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	FAUX	1	0	0	0	1					
C 32	Est-il déplaçable ?	1 non 4 oui	14	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4	FAUX	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	0	0	0	4	4					
C 33	Permet-il de diversifier les tâches ?	1 non 4 oui	14	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	FAUX	FAUX	VRAI	FAUX	FAUX	0	0	3	0	3					
C 34	Robustesse	1 fragile 2 certaines parties importantes sont fragiles 3 certaines parties peu importantes sont fragiles 4 parfaitement	1234	<input type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	FAUX	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	0	2	0	0	2					
C 35	A-t-on besoin de pièces de rechange ,	1 oui 4 non	14	<input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	FAUX	1	0	0	0	1					
C 36	Niveau d'usure sur l'année	1 très usé 2 certaines parties vitales usées 3 quelques partie non vitales usées 4 pas d'usure	1234	<input type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	FAUX	VRAI	FAUX	FAUX	FAUX	0	2	0	0	2					

Figure 1.A2 : Outil écran 1



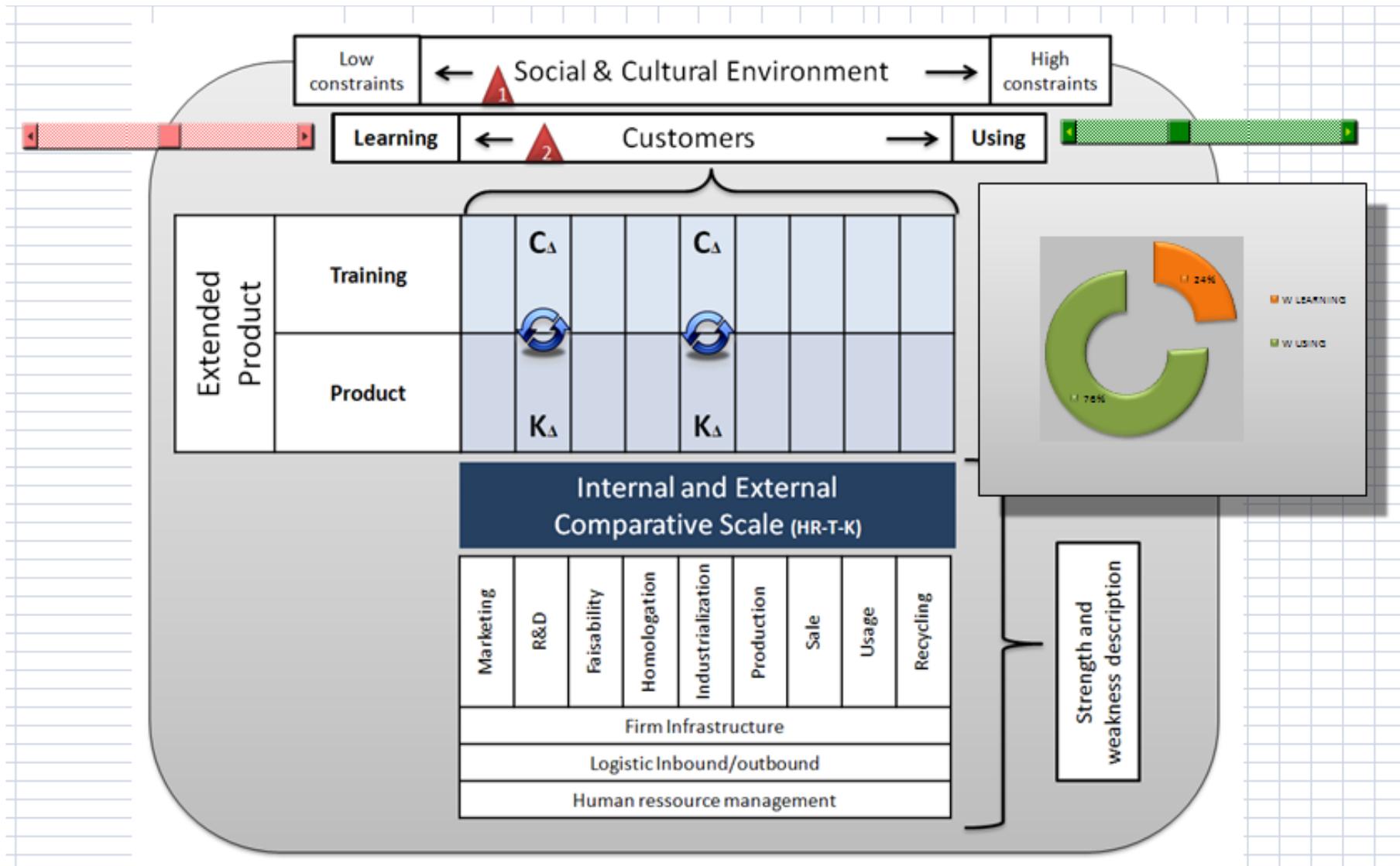


Figure 3.A2 : Outil écran 3

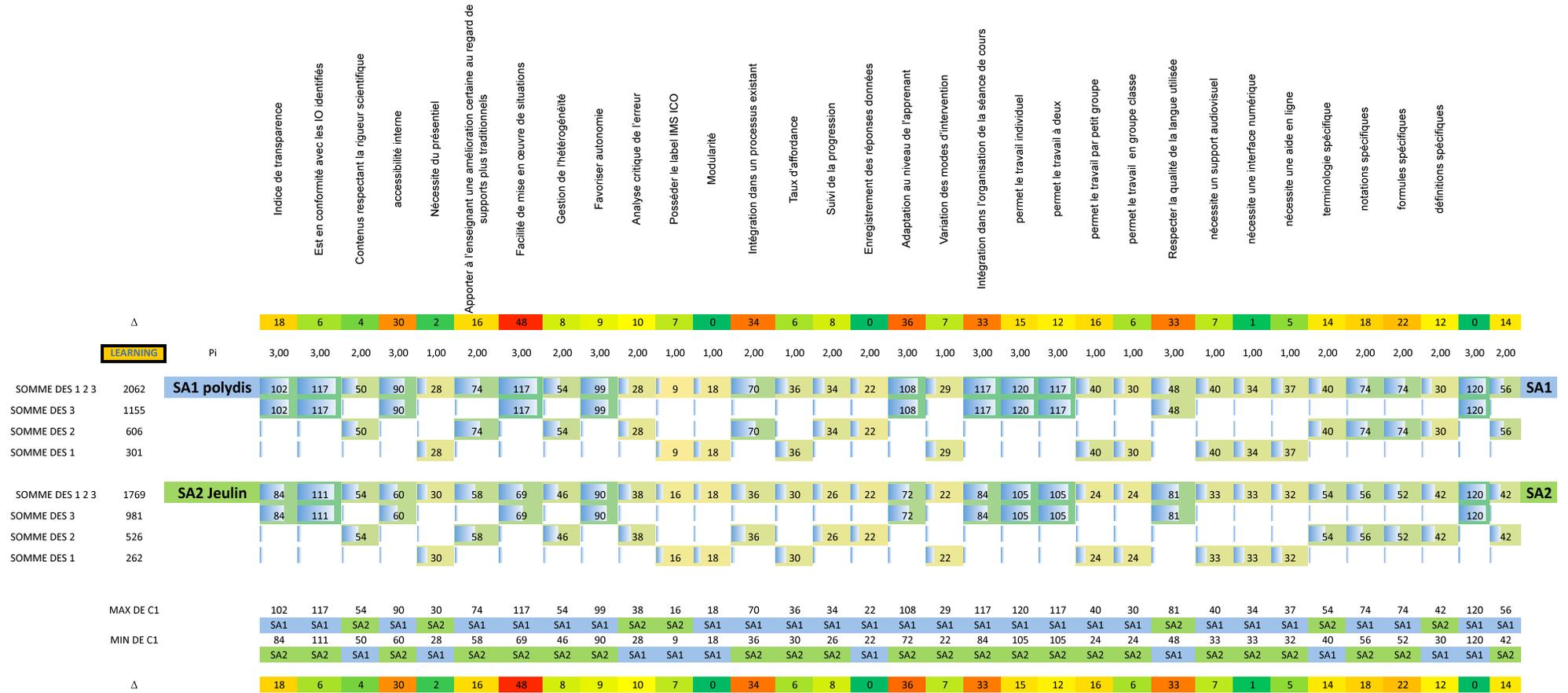


Figure 4.A2 : Outil écran 4



## **Annexe 3**

# **Interface opérationnelle IP K5**



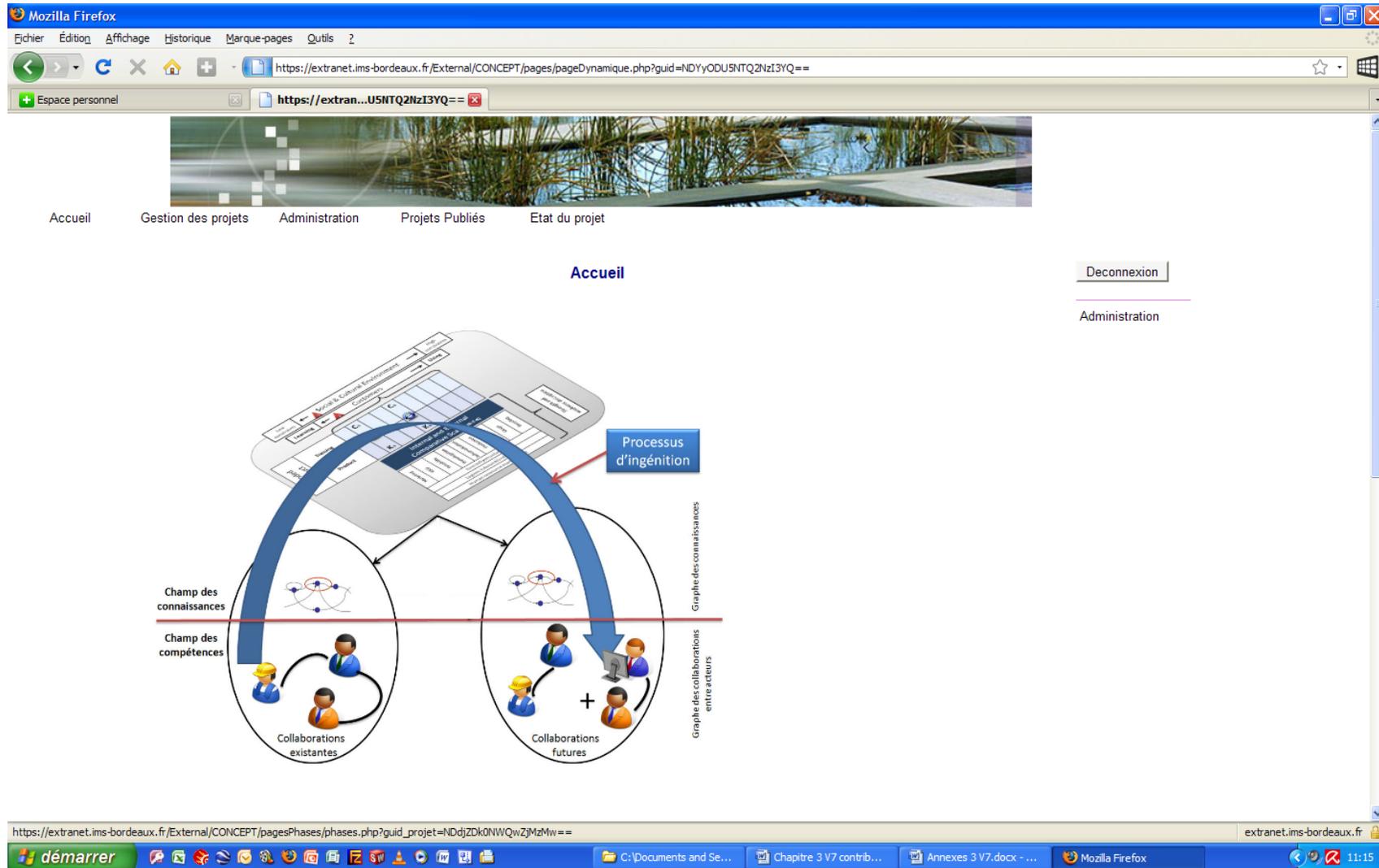


Figure 3.A3 : Ecran d'Accueil

## 1.1 Détail de la programmation de la page d'accueil.

```

<?xml version="1.0" encoding="iso-8859-1"?>
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN" "http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
  <head>
    <!-- template designed by Marco Von Ballmoos -->
    <title>Docs for page accueil.php</title>
    <link rel="stylesheet" href=" ../media/stylesheets.css" />
    <script src=" ../media/lib/classTree.js"></script>
    <script language="javascript" type="text/javascript">
      var imgPlus = new Image();
      var imgMinus = new Image();
      imgPlus.src = " ../media/images/plus.png";
      imgMinus.src = " ../media/images/minus.png";
      function showNode(Node) {
        switch(navigator.family) {
          case 'nn4':
            // Nav 4.x code fork...
            var oTable = document.layers["span" + Node];
            var oImg = document.layers["img" + Node];
            break;
          case 'ie4':
            // IE 4/5 code fork...
            var oTable = document.all["span" + Node];
            var oImg = document.all["img" + Node];
            break;
          case 'gecko':
            // Standards Compliant code fork...
            var oTable = document.getElementById("span" + Node);
            var oImg = document.getElementById("img" + Node);
            break;
        }
        oImg.src = imgMinus.src;
        oTable.style.display = "block";
      }
      function hideNode(Node) {
        switch(navigator.family) {
          case 'nn4':
            // Nav 4.x code fork...
            var oTable = document.layers["span" + Node];
            var oImg = document.layers["img" + Node];
            break;
          case 'ie4':
            // IE 4/5 code fork...
            var oTable = document.all["span" + Node];
            var oImg = document.all["img" + Node];
            break;
          case 'gecko':
            // Standards Compliant code fork...
            var oTable = document.getElementById("span" + Node);
            var oImg = document.getElementById("img" + Node);
            break;
        }
        oImg.src = imgPlus.src;
        oTable.style.display = "none";
      }
      function nodeIsVisible(Node) {
        switch(navigator.family) {
          case 'nn4':
            // Nav 4.x code fork...
            var oTable = document.layers["span" + Node];
            break;
          case 'ie4':
            // IE 4/5 code fork...
            var oTable = document.all["span" + Node];
            break;
          case 'gecko':
            // Standards Compliant code fork...
            var oTable = document.getElementById("span" + Node);
            break;
        }
        return (oTable && oTable.style.display == "block");
      }
      function toggleNodeVisibility(Node) {
        if (nodeIsVisible(Node)) {
          hideNode(Node);
        } else {
          showNode(Node);
        }
      }
    </script>
  </head>
  <body>
    <div id="content">
      <table border="1">
        <tr>
          <td>
            <div id="tree">
              <ul>
                <li>
                  <div id="node">
                    <div id="table">
                      <table border="1">
                        <tr>
                          <td>
                            <div id="img">
                              <img alt="plus/minus icon" />
                            </div>
                          </td>
                        </tr>
                      </table>
                    </div>
                  </div>
                </li>
              </ul>
            </div>
          </td>
        </tr>
      </table>
    </div>
  </body>
</html>

```

```
    }
  }
</script>
</head>
<body>
  <div class="page-body">
<h2 class="file-name">/accueil.php</h2>
<a name="sec-description"></a>
<div class="info-box">
  <div class="info-box-title">Description</div>
  <div class="nav-bar">
</div>
  <div class="info-box-body">
    <!-- ===== Info from phpDoc block ===== -->
    <ul class="tags">
      <li><span class="field">author:</span> Michel.Alexeline@ims-bordeaux.fr</li>
      <li><span class="field">version:</span> 0.1 last modified 06/12/2007</li>
    </ul>
  </div>
</div>
<p class="notes" id="credit">
  Documentation generated on Wed, 03 Sep 2008 08:15:42 +0200 by <a href="http://www.phpdoc.org" target="_blank">phpDocumentor 1.4.0a2</a>
</p>
</div></body></html>
```



Figure 4.A3 : Ecran gestion des projets

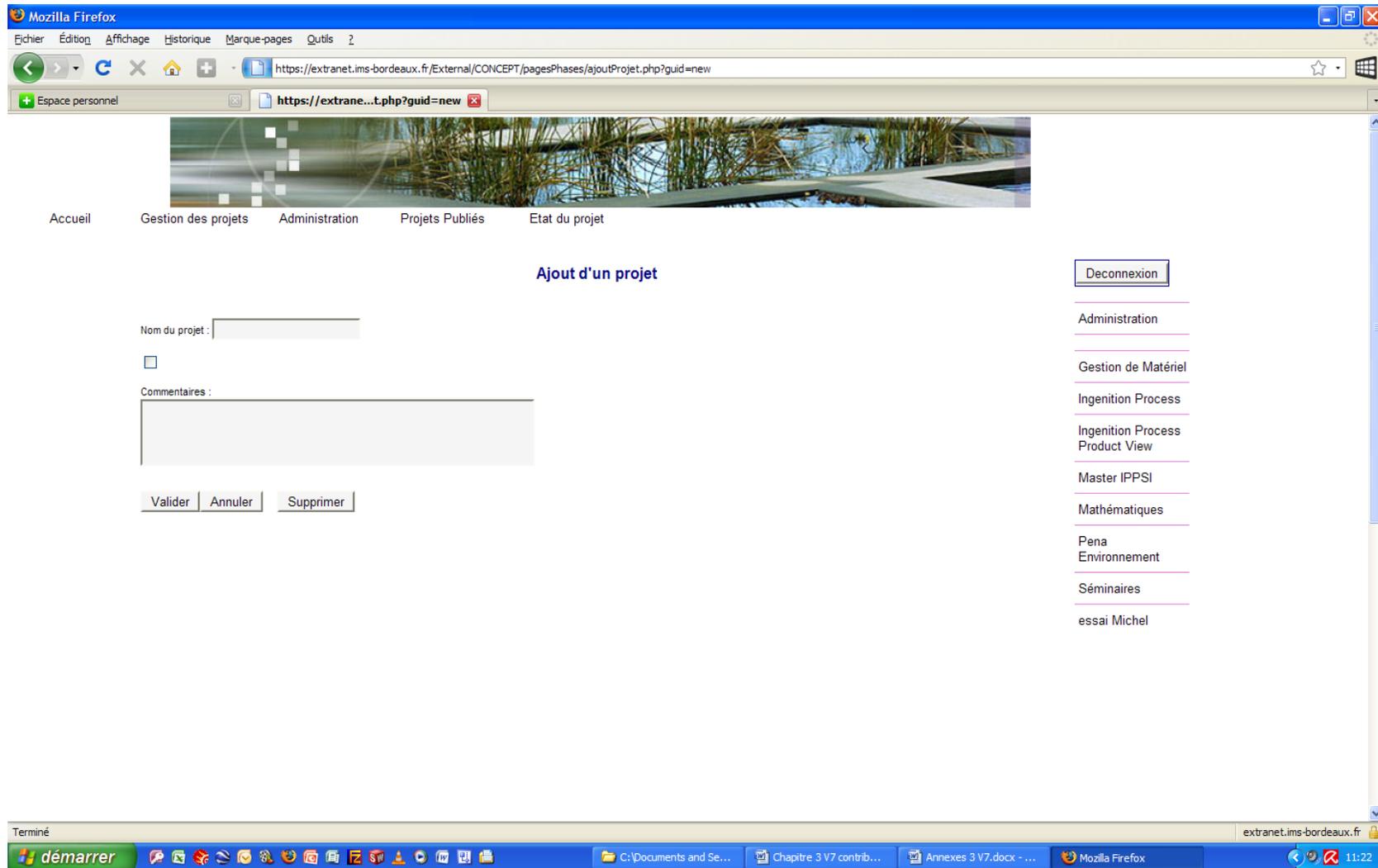


Figure 5.A3 : Ecran Ajout de projet

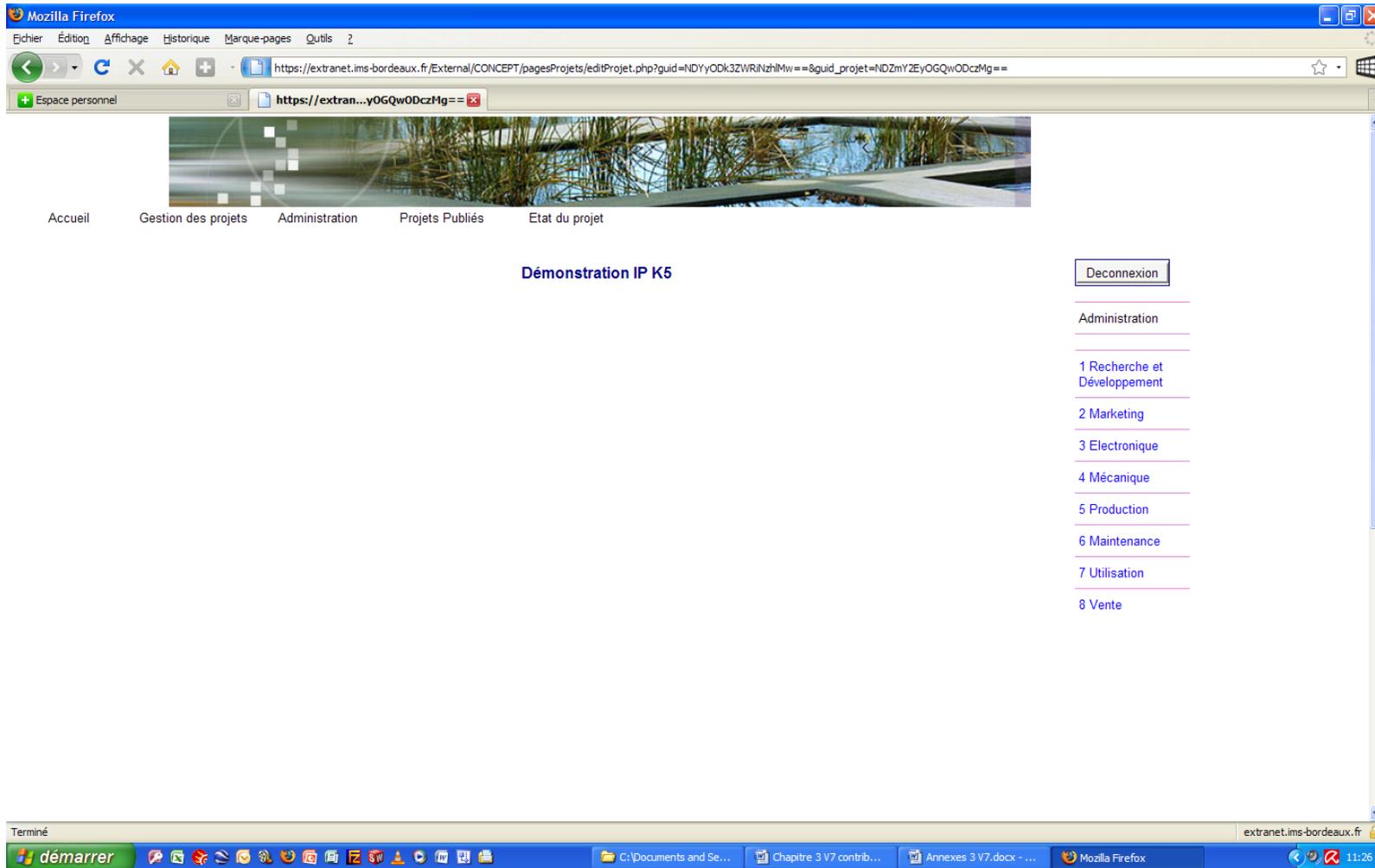


Figure 6.A3 : Ecran Démonstration IP K5

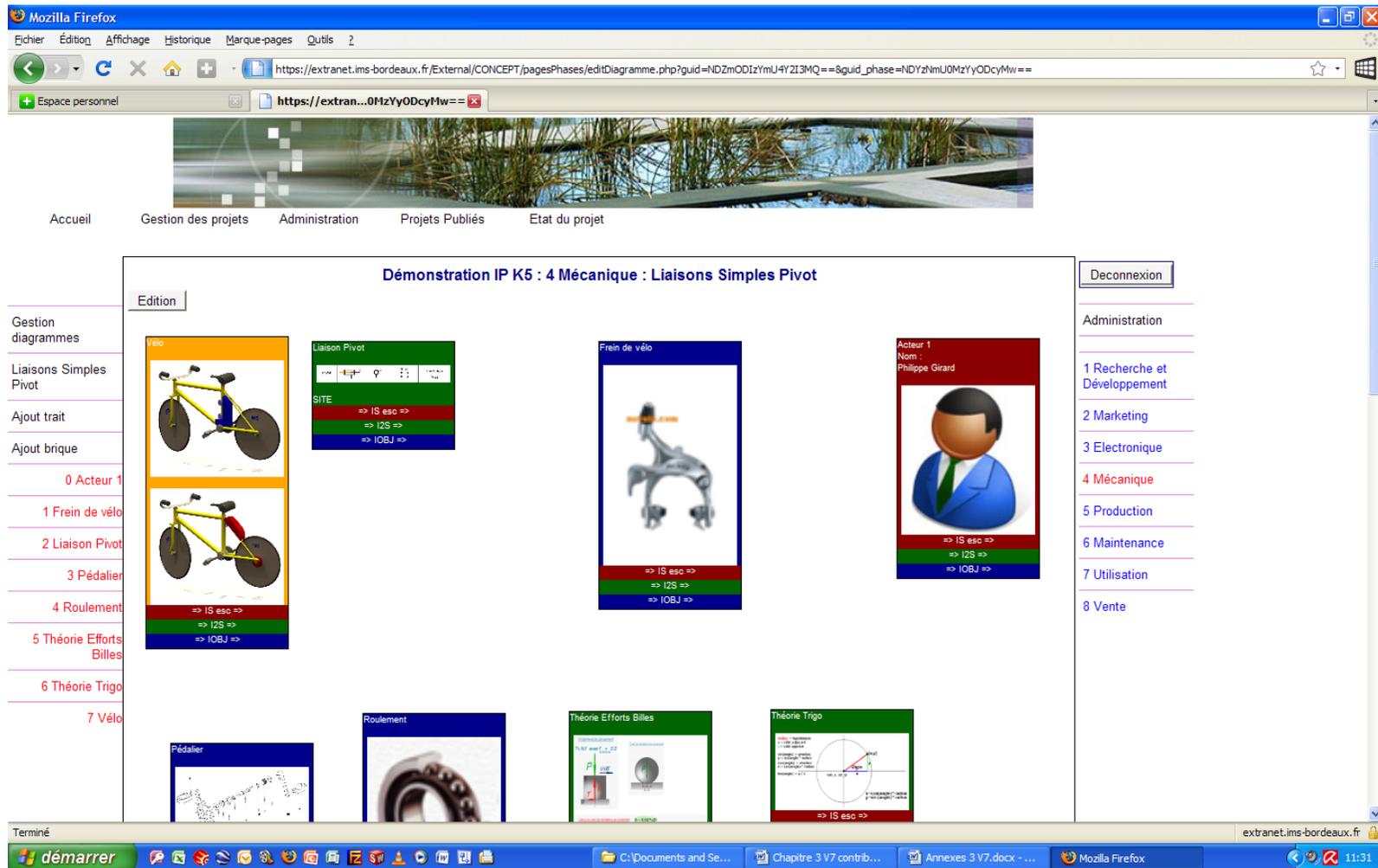


Figure 7.A3 : Ecran Liaison pivot

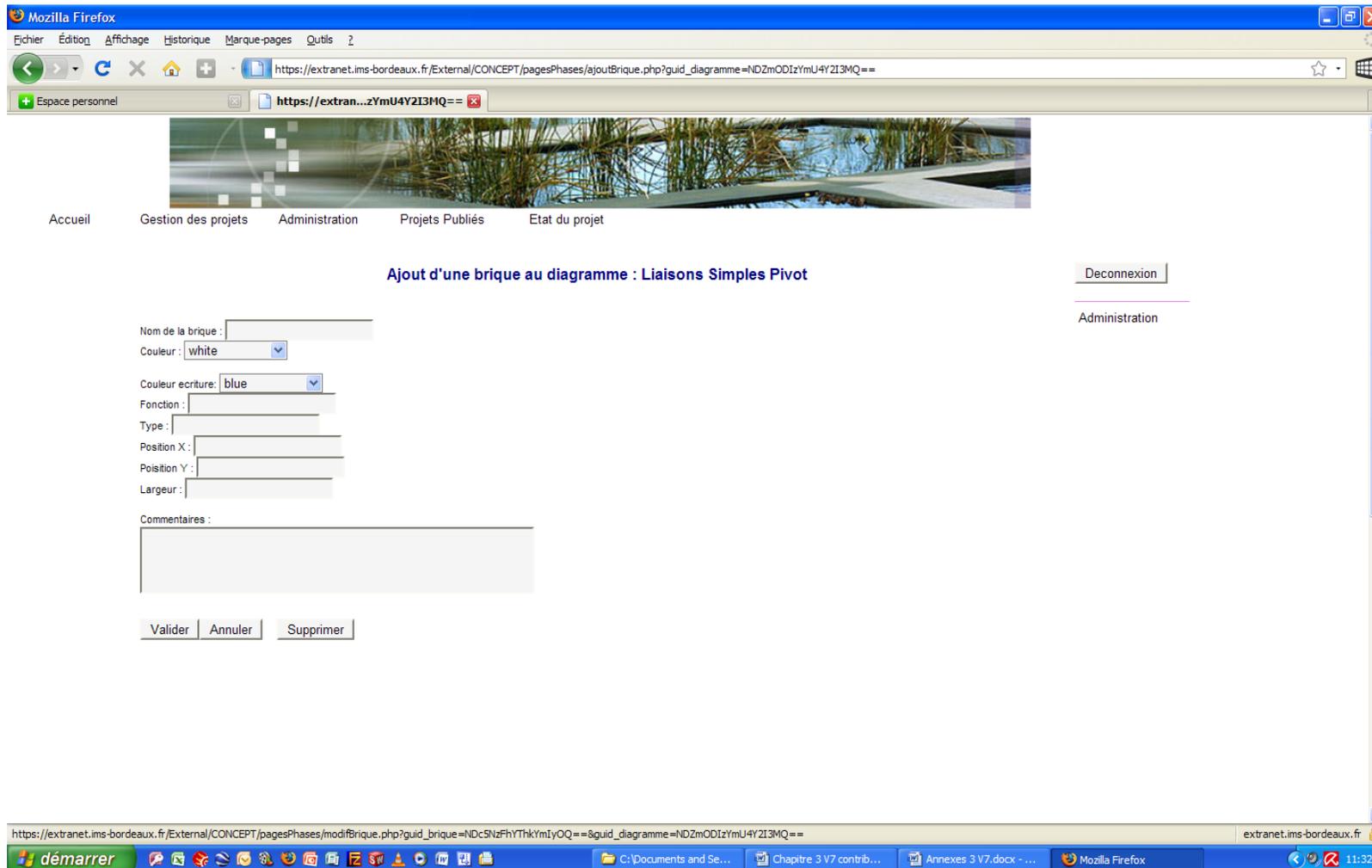


Figure 8.A3 : Ecran Ajout brique



Figure 9.A3 : Construction fine de la brique

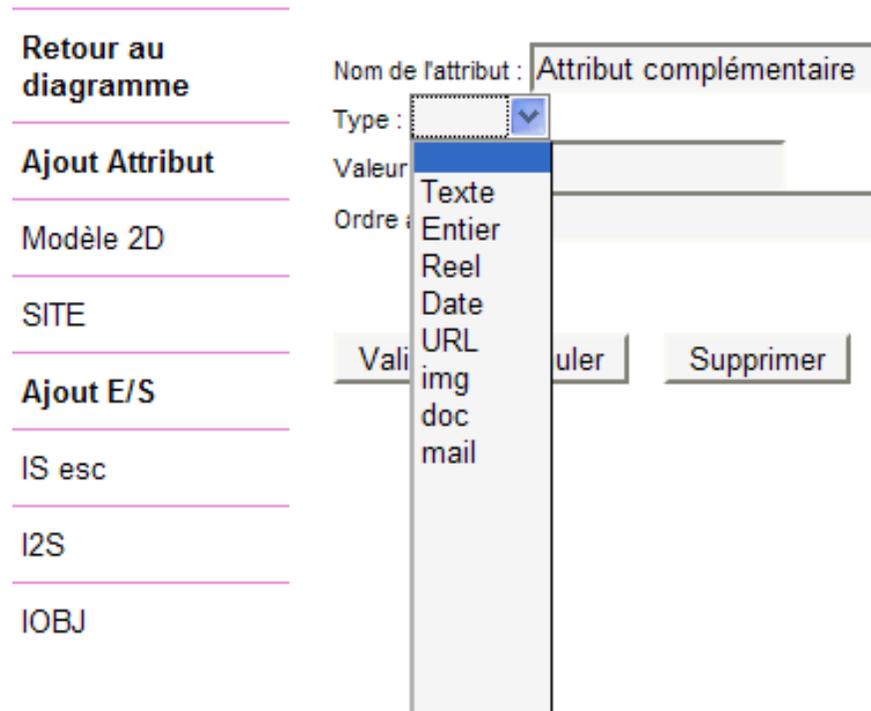


Figure 10.A3 : Ajout d'attributs complémentaires

**Gestion des comptes**

	Login	Nom	Prénom	adm.	mbr.	mod.	auth.	perso.
Comptes	<input type="button" value="modifier"/>	admin	Administrateur		t	t	f	t
Liste pages racine	<input type="button" value="modifier"/>	alexel	Alexeline	Michel	t	t	t	t
Liste toutes pages	<input type="button" value="modifier"/>	sbrunel	Brunel	Stéphane	t	t	t	t
Liste Fichiers	<input type="button" value="modifier"/>	visiteur			f	t	f	f
	<input type="button" value="modifier"/>	zach	Zacharewicz	Gregory	f	t	f	f

**Liste des pages racines**

Ajouter	Titre menu bandeau	Ordre affichage	Ordre GUID	Titre Page	Publication	Titre haut page	Date modif
<input type="button" value="Modifier"/>	Accueil	0	NDYyODU5NTQ2NzI3YQ==	Accueil	OUI	OUI	14/11/2007
<input type="button" value="Modifier"/>	Gestion des projets	10	NDZmY2ExNTY3NDA5MA==	Gestion des projets	OUI	OUI	28/09/2007
<input type="button" value="Modifier"/>	Administration	100	NDZmY2EwZGYxYjE4Zg==		OUI	OUI	28/09/2007
<input type="button" value="Modifier"/>	Projets Publiés	100	NDdiYWRhYjcxMjVmNA==	Projets Publiés	OUI	OUI	19/02/2008
<input type="button" value="Modifier"/>	Etat du projet	200	NDZmY2NiMjRiZWNmYw==	Etat du projet	OUI	OUI	28/09/2007

- Accueil  
- Gestion des projets  
- Administration  
- Projets Publiés  
- Etat du projet

---

**Liste des pages racines**

Ajouter	Titre menu bandeau	Ordre affichage	Ordre GUID	Titre Page	Publication	Titre haut page	Date modif
<input type="button" value="Modifier"/>	Accueil	0	NDYyODU5NTQ2NzI3YQ==	Accueil	OUI	OUI	14/11/2007
<input type="button" value="Modifier"/>	Administration	100	NDZmY2EwZGYxYjE4Zg==	Gestion des projets	OUI	OUI	28/09/2007
<input type="button" value="Modifier"/>	Edition de projet	30	NDYyODk3ZWRIInzhIMw==		OUI	NON	25/04/2007
<input type="button" value="Modifier"/>	Etat du projet	200	NDZmY2NiMjRiZWNmYw==	Etat du projet	OUI	OUI	28/09/2007
<input type="button" value="Modifier"/>	Gestion des projets	10	NDZmY2ExNTY3NDA5MA==	Gestion des projets	OUI	OUI	28/09/2007
<input type="button" value="Modifier"/>	Nouvel attribut	0	NDYyYzU4YzI1MGRlNg==	Nouvel attribut	OUI	NON	23/04/2007
<input type="button" value="Modifier"/>	Nouvelle association	0	NDYyYzU4ZmMxNjdiZA==	Nouvelle Association	OUI	NON	23/04/2007
<input type="button" value="Modifier"/>	Nouvelle brique	0	NDYyYzU4NzE4NmRlMQ==	Nouvelle brique	OUI	NON	23/04/2007
<input type="button" value="Modifier"/>	Projets Publiés	100	NDdiYWRhYjcxMjVmNA==	Projets Publiés	OUI	OUI	19/02/2008

**Liste des fichiers envoyés au serveur**

Membres

Gestions pages

Vous avez un quota de 150 Mo. Vous pouvez vérifier la liste des fichiers que vous avez déjà téléchargés et le cas échéant, supprimer ceux qui ne sont plus utilisés.

Fichier à charger (dans <https://www.laps.u-bordeaux1.fr/External/CONCEPT/ressources/fichiers/>):

Supprimer ATT00005.ppt	4093952 Octets
Supprimer ATT00008.ppt	3075684 Octets
Supprimer CRSPFevrier08.doc	28160 Octets
Supprimer Cours_Master_VR.ppt	5489152 Octets
Supprimer Dellinspiron9300.jpg	11158 Octets
Supprimer GroupesForums.png	5906 Octets
Supprimer JC.jpg	4026 Octets
Supprimer OJSPFevrier08.doc	35328 Octets
Supprimer OJSPmars08.doc	36352 Octets
Supprimer PIVOT 2D.png	122853 Octets
Supprimer Partiepédagogique.doc	46592 Octets
Supprimer SPfevrier08.doc	35328 Octets
Supprimer Seminaire-AAZ.ppt	509440 Octets
Supprimer VELOSOL1.png	413598 Octets
Supprimer VELOSOL2.png	407088 Octets

Figure 11.A3 : Ensemble des écrans Administration du système



## **Annexe 4**

# **Les différentes théories de l'apprentissage**

## **1. Théories spiritualistes**

Historiquement, ces théories « spiritualistes » ou « transcendantes », se situent dans une perspective religieuse ou métaphysique. Les activités sont centrées sur la méditation, la contemplation, l'autosuggestion. Les valeurs portées par cette démarche sont la "bonté", la "justice", "l'amour", "l'autre" ou encore la "beauté".

## **2. Théories académiques**

Les théories "académiques", "rationalistes", "réalistes", "essentialistes" ou "classiques". Elles focalisent leur attention essentiellement sur la transmission des connaissances. L'apprentissage dogmatique ou frontal est préconisé. Cela demande un effort maximum de mémorisation. Les traditionnels et les généralistes proposent une formation générale préoccupée par l'esprit critique, la capacité d'adaptation, l'ouverture de l'esprit.

## **3. Théories technologiques**

Les théories technologiques, systémiques, mettent l'accent sur un message assisté par des technologies appropriées souvent numériques. L'accent est mis sur le visuel. Le message et sa visualisation sont décomposés de façon à ce que l'apprenant puisse y adhérer par imprégnation. L'ordinateur permettra une gestion facilitée de multiples sources d'informations. De plus on aura recours à des simulations grâce à des logiciels interactifs.

## **4. Théories béhavioristes**

Les théories "béhavioristes", "apprentissage programmé" ou "skinnérien" sont hostiles à la méthode d'introspection. De type stimulus-réponse, ces propositions misent sur les idées de "conditionnement" et de "renforcement". La théorie "behavioriste" conduit alors à décomposer la chose à transmettre en unités élémentaires de connaissance. La pédagogie par objectifs d'autre part est présente encore dans de nombreux curriculums.

## **5. Théories épistémologiques**

Cette approche "épistémologique", repose sur l'idée qu'une meilleure connaissance des structures du savoir ou des méthodes propres à les produire facilite l'acte d'apprentissage. Aujourd'hui cette tendance systémique. Le savoir se conçoit en termes de système.

## **6. Théories sociales**

Les théories sociales insistent sur les déterminants sociaux ou environnementaux. Les chercheurs montrent la division en classes sociales, l'hérédité sociale et culturelle. Plus récemment l'accent a été mis sur les problèmes de l'environnement, les impacts négatifs de la technologie et de l'industrialisation.

## **7. Théories sociocognitives**

Ce courant théorique sur l'éducation insiste sur les facteurs culturels et sociaux intervenant dans la construction de la connaissance. Le travail de groupe est préconisé. Ce courant est, depuis 20 ans, très dynamique aux Etats-Unis.

## **8. Théories psychocognitives**

Les théories psychocognitives se préoccupent d'abord du développement des processus cognitifs chez l'apprenant tels que le raisonnement, l'analyse, la résolution de problèmes, etc. Les fondements de ces théories se trouvent dans les recherches psychosociales. Est mis en l'interaction entre les individus dans l'acte d'apprendre. Il sera nommé "conflit sociocognitif", "pratique de groupe", "opposition de représentations". La confrontation permet la prise de recul et le dépassement.

## **9. Les théories humanistes**

Les théories humanistes, également appelées "personnalistes", "libertaires", "pulsionnelles", "libres", ou encore "ouvertes" prennent appui sur la personne. C'est la personne en situation d'apprentissage, appelée parfois "client" qui doit maîtriser son éducation en utilisant ses possibilités intérieures. L'enseignant dans ses relations avec les élèves ne joue qu'un rôle de facilitateur. Il doit viser continuellement l'auto-actualisation de l'apprenant.

## **10. Les théories génétiques**

Dans le prolongement des théories philosophiques du XVIIIème siècle tel Leibnitz et Kant, ces théories supposent une structure cognitive déjà existante chez tout apprenant. Cette dernière "se développe" principalement par "maturation" au cours d'une série d'étapes. On voit émerger des principes intéressants pour nos travaux : l'existence de "ponts cognitifs", une "consolidation" doit être mise en place pour faciliter la maîtrise des connaissances en cours, "la conciliation intégrative" qui consiste à repérer les ressemblances et les différences entre les anciennes connaissances et les nouvelles, à les discriminer. Le modèle de Piaget et des psychologues généticiens repose sur "l'assimilation et l'accommodation". Le concept d'"abstraction réfléchissante" est alors proposé. La réflexion de Vygotsky abonde sur la signification du mot comme unité de pensée, sur les stades successifs du développement verbal et intellectuel, depuis les premiers balbutiements de l'enfant jusqu'aux concepts de l'adolescent et de l'adulte en passant par le syncrétisme, la "pensée par complexes" ou le "langage intérieur".

## **11. Les théories cognitives**

A partir des travaux de la psychologie génétique, de la psychologie sociale, mais aussi de la gestaltpsychologie, de la neurophysiologie, la psychologie cognitive s'installe au cours des années 80. On peut résumer ces théories par cette phrase : "ce qui se passe dans la tête" de l'individu lorsque celui-ci pense (activités motrices, perception, mémorisation, compréhension, raisonnement) et tente d'élucider les mécanismes de recueil, de traitement (image mentale, représentation), de stockage, de structuration et d'utilisation de l'information.

L'intelligence artificielle et les théories connexionnistes sont issues de ces raisonnements. Toutes ces théories tissent aujourd'hui des liens étroits avec la biologie, la linguistique, la sémiologie, l'informatique (système expert), la sociologie (épidémiologie des représentations) ou d'écologie cognitive. Des retombées existent dans la théorie "de la gestion et de la décision".