

N° attribué par la bibliothèque

|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|

THESE EN COTUTELLE INTERNATIONALE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'INP Grenoble

et

de l'Université de Sfax

Spécialité : « génie industriel »

Préparée au laboratoire GILCO

dans le cadre de l'Ecole Doctorale « Organisation Industrielle et Systèmes de Production »

et au laboratoire LASEM

Présentée et soutenue publiquement

par

ZOUARI Alaeddine

le 02/03/2007

PROPOSITION DE MECANISMES DE VERSIONNEMENT ET
D'AGREGATION DES CONNAISSANCES DE DOMAINE EN
CONCEPTION COLLABORATIVE DE PRODUITS INDUSTRIELS

DIRECTEURS DE THESE - Michel Tollenaere

- Aref Maalej

CO-DIRECTEUR DE THESE - Habib Ben Bacha

JURY

M.	Chedly BREDAI	Président	(ENIS)
M.	Benoit EYNARD	Rapporteur	(UTT)
M.	Anis Chalbi	Rapporteur	(ESSTT)
Mme.	Wassila BOUZID SAII	Examineur	(ENIS)
M.	Michel Tollenaere	Directeur de thèse	(ENSGI)
M.	Aref Maalej	Directeur de thèse	(ENIS)
M.	Habib Ben Bacha	Co-Directeur de thèse	(ENIS)

**PROPOSITION DE MECANISMES DE
VERSIONNEMENT ET D'AGREGATION DES
CONNAISSANCES DE DOMAINE EN CONCEPTION
COLLABORATIVE DE PRODUITS INDUSTRIELS**

DEDICACES

A mes parents

A mon épouse et mes aimables enfants Raed et Imen

A mes frères et ma sœur

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier au début Monsieur Yannick FREIN, Directeur du laboratoire GILCO, et Monsieur Aref MAALEJ, directeur du laboratoire LASEM ; de m' avoir accueilli au sein de leurs laboratoires pour réaliser ce travail dans des bonnes conditions matérielles et humaines.

Que messieurs les membres du jury trouvent ici ma reconnaissance pour l' honneur qu' ils m' ont apporté en acceptant d' examiner mon travail et pour l' intérêt qu' ils ont porté à ce travail en acceptant de l' évaluer en faisant partie du jury.

Comment ne pas exprimer mes remerciements et ma gratitude aux personnes qui m' ont fait confiance en acceptant de m' encadrer et me fournir leurs précieux conseils et remarques fort instructifs, leurs apports et leur idées innovatrices autour du domaine de la conception, malgré leurs nombreuses activités ; Pr. Michel TOLLENAERE, Pr. Aref MAALEJ et Dr. Habib BEN BACHA. Je tiens à exprimer tous les sentiments que je porte envers eux.

Mes remerciements s' adressent également à toute l' équipe de GILCO et du LASEM pour leur hospitalité, sympathie et collaboration.

Ma reconnaissance et remerciement vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ce travail tout particulièrement mes parents et ma femme qui n' ont pas cessé de me soutenir.

Alaeddine

Table de matières

Chapitre 0 :

I. INTRODUCTION GENERALE -----	1
II. APPORT DE L'ETUDE -----	3
III. PLAN DE LECTURE -----	6
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES -----	8

Chapitre 1 :

LES DEMARCHES DE LA CONCEPTION----- **10**

I. INTRODUCTION ----- **10**

II. ÉVOLUTION DE L'INGÉNIERIE MÉCANIQUE ET DU PROCESSUS DE CONCEPTION----- **10**

1. UN PEU D'HISTOIRE	11
2. L'INGENIERIE SEQUENTIELLE	11
2.1. DESCRIPTION	11
2.2. INCONVENIENTS	12
3. L'INGENIERIE CONCOURANTE	13
3.1. CONTEXTE D'APPARITION	13
3.2. QU'EST-CE QUE L'INGENIERIE CONCOURANTE ?	14
3.3. L'INGENIERIE CONCOURANTE ; UN FACTEUR DE COMPETITIVITE POUR L'ENTREPRISE	14

III. DEMARCHE DE CONCEPTION DE PRODUITS ----- **14**

1. ACTIVITE DE CONCEPTION DE PRODUITS : ETAT DE L'ART	14
2. ACTIVITE ET PROCESSUS DE CONCEPTION	15
3. LES PRINCIPALES PHASES DU PROCESSUS DE CONCEPTION	16
3.1. ELABORATION DU CAHIER DE CHARGES	17
3.2. SPECIFICATION DES PRINCIPES	17
3.3. CONCEPTION D'ENSEMBLE	17
3.4. CONCEPTION DETAILLEE	17
4. CLASSIFICATION DES TYPES DE CONCEPTION	18
4.1. CONCEPTION ROUTINIERE	18
4.2. LA RE-CONCEPTION	19
4.3. CONCEPTION INNOVANTE	20
4.4. CONCEPTION CREATIVE	20

IV. LE CARACTERE MULTI ACTEURS DE LA CONCEPTION ROUTINIERE ----- **21**

1. L'INGENIERIE CONCOURANTE ET SES IMPACTS SUR LA CONCEPTION ROUTINIERE	21
2. LA CONCEPTION DISTRIBUEE	21
3. LA CONCEPTION PRODUIT – PROCESS	22
4. LA CO-CONCEPTION	22
5. LA CONCEPTION INTEGREE	22

V. L'INGENIERIE CONCOURANTE DANS L'ENTREPRISE ÉTENDUE----- **23**

1. CONTEXTE	23
2. L'INGENIERIE CONCOURANTE FACTEUR DE COMPETITIVITE	23
3. LES BESOINS INFORMATIONNELS DE LA CONCEPTION COLLABORATIVE A DISTANCE	24
4. L'ECHANGE D'INFORMATIONS EN CONCEPTION MECANIQUE	25

VI.	INTEGRATION DES TIC DANS UN CONTEXTE D'INGENIERIE CONCOURANTE---	25
1.	ÉTAT DES OUTILS INFORMATIONNELS DANS L'ENTREPRISE -----	25
2.	LES PROBLEMES SOULEVES -----	26
2.1.	LE FACTEUR HUMAIN-----	26
2.2.	LA SECURITE -----	27
2.3.	ADAPTATION A LA CONCEPTION MECANIQUE -----	27
VII.	BILAN DU CHAPITRE 1-----	28
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES-----	29
	Chapitre 2 :	
	LA GESTION ET LA CAPITALISATION DES CONNAISSANCES-----	32
I.	NOTION DE CONNAISSANCE -----	32
1.	CONNAISSANCES EXPLICITES, CONNAISSANCES TACITES -----	32
2.	CONNAISSANCES LOCALES, CONNAISSANCES PRODUIT, CONNAISSANCES SUR L'ENTREPRISE-----	33
3.	CONNAISSANCES EXPERTES, CONNAISSANCES D'UTILISATION -----	33
4.	CONNAISSANCES DE PROJET, CONNAISSANCES DE METIER/TECHNIQUE -----	33
5.	DIMENSIONS DES CONNAISSANCES (PRIVEE ET COLLECTIVE)-----	34
6.	LES QUATRE MODES DE CONVERSION DES CONNAISSANCES -----	34
7.	DEGRE DE MATURETE DES CONNAISSANCES -----	35
II.	LA CONNAISSANCE, UNE VALEUR STRATEGIQUE POUR LES ENTREPRISES -----	35
III.	LE MANAGEMENT DES CONNAISSANCES (KNOWLEDGE MANAGEMENT - KM)--	36
1.	DEFINITION-----	36
2.	LES DIMENSIONS DU MANAGEMENT DES ACTIVITES ET DES PROCESSUS DE GESTION DES CONNAISSANCES DE L'ENTREPRISE-----	37
3.	LES OUTILS POUR LA GESTION DES CONNAISSANCES -----	37
IV.	LA CAPITALISATION DES CONNAISSANCES-----	38
1.	LA PROBLEMATIQUE DE CAPITALISATION DES CONNAISSANCES DE L'ENTREPRISE-----	39
2.	CYCLE DU PROCESSUS DE CAPITALISATION DES CONNAISSANCES DE L'ENTREPRISE.-----	39
3.	L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (IA) ET LA CAPITALISATION DE CONNAISSANCES-----	41
3.1.	PLACE DE L'IA DANS LE CYCLE DE CONNAISSANCES -----	41
3.2.	MODELISATION PROFONDE DES CONNAISSANCES -----	41
3.3.	STRUCTURATION DES CONNAISSANCES -----	42
3.4.	INDEXATION DES CONNAISSANCES -----	42
4.	METHODOLOGIES DE CAPITALISATIONS DE CONNAISSANCES-----	42
4.1.	MKSM (METHOD FOR KNOWLEDGE SYSTEM MANAGEMENT)-----	42
4.2.	KADS, (KNOWLEDGE AND ANALYSIS DESIGN SUPPORT) -----	46
4.3.	REX (RETOUR D'EXPERIENCE) -----	47
4.4.	KOD (KNOWLEDGE ORIENTED DESIGN)-----	49
4.5.	LES LOGICIELS-----	50
V.	BILAN DU CHAPITRE 2-----	51
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES-----	52
	Chapitre 3:	
	LA DYNAMIQUE DES CONNAISSANCES DANS LES OUTILS DE CONCEPTION -----	55
I-	INGENIERIE DES CONNAISSANCES EN CONCEPTION COLLABORATIVE-----	55
1.	MODELES PRODUIT -----	55
1.1.	LES MODELES PRODUIT ORIENTES INTEGRATION METIERS-----	55
1.2.	LES MODELES PRODUIT ORIENTES FONCTIONS -----	55

1.3.	MODELES ORIENTES CAPITALISATION ET REUTILISATION DES CONNAISSANCES	57
1.4.	MODELES PRODUITS MULTI-VU	58
2.	MODELES PROCESSUS DE CONCEPTION	59
2.1.	LES MODELES ETAT-TRANSITION	60
2.2.	MODELES POUR LA CAPITALISATION ET LA REUTILISATION DES CONNAISSANCES	60
2.3.	LES MODELES GRAPHE D'ETAT DU PROCESSUS	60
2.4.	LES MODELES GENERIQUES MULTI-PROJETS	61
2.5.	LES MODELES GRAPHE DU PROCESSUS DE CONCEPTION	61
II-	PROJET DEKLARE	62
1.	EXPLOITATION DES CONNAISSANCES DANS L'ACTIVITE DE CONCEPTION	62
2.	LA MODELISATION DU PRODUIT	63
2.1.	LE MODEL PHYSIQUE	63
2.2.	LE MODELE FONCTIONNEL	63
2.3.	LE MODELE GEOMETRIQUE	64
	LES CONTRAINTES	64
3.	LA MODELISATION DU PROCESSUS DE CONCEPTION	65
4.	LA MISE EN ŒUVRE	66
III-	MEMOIRE DE PROJET	66
1.	INTRODUCTION	67
2.	DEFINITION	67
3.	RECHERCHE D'INFORMATION DANS UNE ACTIVITE DE CONCEPTION	68
4.	MODELE DE MEMOIRE DE PROJET	68
1.1.	MEMOIRE DE CARACTERISTIQUES DE PROJET	69
1.2.	MEMOIRE DE LOGIQUE DE CONCEPTION	69
IV-	LA THEORIE C-K	70
1.	POURQUOI UNE NOUVELLE THEORIE DE CONCEPTION ?	70
2.	LES PRINCIPES DE LA THEORIE CONCEPT - CONNAISSANCE (THEORIE C-K)	70
2.1.	DEFINITION DE LA CONCEPTION	70
2.2.	L'ESPACE DES CONCEPTS	71
3.	DISJONCTIONS ET CONJONCTIONS ; LA DYNAMIQUE DE LA CONCEPTION	73
4.	LES QUATRE OPERATEURS DE C-K ET LE "DESIGN SQUARE"	74
4.1.	LES OPERATEURS EXTERNES	74
4.2.	LES OPERATEURS INTERNES	75
4.3.	LE DESIGN SQUARE ET LA DYNAMIQUE DE C-K	75
V-	BILAN DU CHAPITRE 3	76
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	78
	Chapitre 4 :	
	MULTI UN OUTIL D'AIDE A LA CONCEPTION FONCTIONNELLE	82
I-	INTRODUCTION	82
II-	MULTI ET SES TROIS NIVEAUX DE CONNAISSANCES	82
III-	CHOIX D'UN FORMALISME	86
IV-	EXPERIENCE « DIRECTION ASSISTEE »	86
1.	LES ARTICLES	86
2.	LES FONCTIONS	87
3.	LES CONTRAINTES DE CYCLE DE VIE	89
4.	LE PROCESSUS DE CONCEPTION	90
V-	EXPERIENCE CLIMATISATION	90

1.	LE PROCESSUS DE CONCEPTION CIBLE -----	91
2.	LES ACTEURS -----	91
3.	LE REFERENTIEL METIER POUR LA CONCEPTION DES SYSTEMES DE CLIMATISATION-----	92
3.1.	RECUEILLIR LES CARACTERISTIQUES DU PRODUIT-----	92
3.2.	RECUEILLIR LES CARACTERISTIQUES DU PROCESSUS DE CONCEPTION FONCTIONNELLE-----	97
3.3.	APPLICATION DU FORMALISME UML-----	97
VI-	BILAN DU CHAPITRE 4-----	102
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES-----	104
	Chapitre 5 :	
	LA GESTION DU VERSIONNEMENT -----	106
I-	VERSIONNEMENT D'OBJET -----	106
1.	POURQUOI LES VERSIONS D'OBJET-----	106
2.	REPRESENTATION DES VERSIONS D'OBJETS-----	107
3.	ÉTATS DES VERSIONS -----	109
3.1.	VERSION PERMANENTE-----	109
3.2.	VERSION PROVISoire-----	109
4.	LES RAPPORTS DE TRANSMISSION DES VERSIONS -----	110
5.	EVOLUTION DES VERSIONS D'OBJET -----	110
5.1.	ATTRIBUT COMPOSE SENSIBLE-----	111
5.2.	VERSION SENSIBLE-----	112
6.	REUTILISATION DES DONNEES DE CONCEPTION EXISTANTES -----	112
II-	VERSIONNEMENT D'ONTOLOGIE -----	114
1.	QU'EST CE QUE LE VERSIONNEMENT D'ONTOLOGIES-----	114
2.	GESTION DES VERSIONS D'ONTOLOGIES -----	115
3.	EVOLUTION DES VERSIONS D'ONTOLOGIE -----	115
3.1.	REPRESENTATION DES VERSIONS D'ONTOLOGIES -----	115
3.2.	SCENARIOS D'EVOLUTION DES VERSIONS D'ONTOLOGIES. -----	116
III-	VERSIONNEMENT ET EVOLUTION DE SCHEMA DANS LES BASES DE DONNEES	117
1.	QU'EST CE QUE LE VERSIONNEMENT DE SCHEMA DE BASE DE DONNEES-----	117
2.	EVOLUTION DES VERSIONS-----	118
IV-	BILAN DU CHAPITRE 5-----	119
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES-----	121
	Chapitre 6 :	
	MECANISME DE VERSIONNEMENT DE CONNAISSANCES-----	125
I-	IMPLEMENTATION DES OPERATEURS DE C-K SUR LES MODELES DE MULTI-	126
1.	DISJONCTION -----	127
2.	CONJONCTION -----	128
3.	EXPANSION PAR PARTITION OU INCLUSION -----	129
4.	EXPANSION PAR DEDUCTION OU EXPERIMENTATION -----	129
II-	VERSIONNEMENT DES CONNAISSANCES -----	130
1.	LES VERSIONS D'INSTANCES DE CLASSES-----	130
2.	MODELE DE PRESENTATION DES VERSIONS D'INSTANCE-----	131
3.	TAXONOMIE DES OPERATIONS D'EVOLUTION-----	132
III-	AGREGATION DES CONNAISSANCES-----	133

1.	PRINCIPE DE L'AGREGATION DES CONNAISSANCES -----	133
2.	EVOLUTION DU MECANISME D'AGREGATION DES CONNAISSANCES -----	134
IV-	GESTION DES VERSIONS DE CONNAISSANCES -----	134
V-	PROPOSITION D'UN SCENARIO D'EVOLUTION DU MECANISME DE VERSIONNEMENT DE CONNAISSANCE -----	136
1.	ORDONNANCEMENT DU PROCESSUS DE CONCEPTION -----	136
2.	DESCRIPTION MACROSCOPIQUE D'UNE TACHE -----	136
3.	FICHES MODELE D'EXECUTION DE TACHE -----	138
3.1.	PREPARATION DES FICHES D'EXECUTION DES TACHES -----	138
3.2.	IDENTIFICATION DE L'ORDRE D'ENCHAINEMENT DES TACHES -----	139
4.	DEROULEMENT D'UN PROCESSUS DE CONCEPTION MULTI ACTEURS -----	140
5.	ETUDE DES MECANISMES DE VERSIONNEMENT -----	144
5.1.	NAISSANCES DES VERSIONS -----	144
5.2.	VERSIONS D'OBJETS -----	144
5.3.	VERSIONS DE CONNAISSANCES -----	145
VI-	BILAN DU CHAPITRE 6 -----	146
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES -----	148
	Chapitre 7 :	
	APPLICATION SUR LES SYSTEMES DE CLIMATISATION AUTOMOBILES -----	150
I-	COMPOSITION D'UN SYSTEME DE CLIMATISATION DE VOITURES AUTOMOBILES -----	150
II-	LE PROCESSUS DE CONCEPTION DES SYSTEMES DE CLIMATISATION -----	155
1.	ETAPES DU PROCESSUS -----	155
2.	EXEMPLE DE PROCESSUS DE CALCUL DES DEPERDITIONS THERMIQUES -----	156
3.	LES ROLES QUI DOIVENT INTERVENIR SUR LE PROCESSUS DE CONCEPTION -----	158
4.	MODELISATION OBJET D'UN PROCESSUS DE CONCEPTION DE CLIMATISEURS -----	159
5.	VERSIONNEMENT DES PROCESSUS DE CONCEPTION -----	159
III-	DYNAMIQUE DES CONNAISSANCES AU COURS D'UN PROCESSUS DE CONCEPTION -----	161
1.	NATURE DYNAMIQUE DE LA CONCEPTION -----	161
2.	CONDITIONS POUR MODELISER LES CONNAISSANCES DE LA CONCEPTION -----	161
3.	DYNAMIQUE D'ECHANGE DE CONNAISSANCES AU COURS D'UN PROCESSUS DE CONCEPTION -----	162
4.	SCENARIO DE DYNAMIQUE DES CONNAISSANCES AU COURS D'UN PROCESSUS DE CONCEPTION -----	163
IV-	APPLICATION DE LA THEORIE C-K POUR LE VERSIONNEMENT DES CONNAISSANCES AU COURS D'UN PROCESSUS DE CONCEPTION DE CLIMATISEURS DE VOITURES -----	165
1.	ENRICHISSEMENT D'UN CONCEPT PAR DES ELEMENTS DE CONNAISSANCE D'UN PROCESSUS DE CONCEPTION -----	165
2.	ENRICHISSEMENT D'UN PROCESSUS DE CONCEPTION PAR DES RETOURS D'EXPERIENCE D'UN CONCEPT -----	166
3.	DESCRIPTION D'UN CONCEPT PAR SA PARTITION -----	166
4.	EXPANSION DE LA BIBLIOTHEQUE DE PROJETS PAR LE VERSIONNEMENT DES CONNAISSANCES -----	167
4.1.	VERSIONS DE CONNAISSANCES -----	167
4.2.	VERSIONS DE PROCESSUS DE CONCEPTION -----	168
4.3.	AGREGATION DES CONNAISSANCES -----	168
4.4.	CONSTRUCTION DE LA BIBLIOTHEQUE DE PROJET -----	169
V-	BILAN DU CHAPITRE 7 -----	169

Chapitre 8 :

DISCOVER UN OUTIL DE CONCEPTION PAR LE VERSIONNEMENT DE CONNAISSANCES -----	172
I- FONCTIONNEMENT DE DISCOVER -----	172
1. RECUEILLIR LES ELEMENTS CONCERNANT LE PROCESSUS DE CONCEPTION	172
2. RECUEILLIR LES ELEMENTS CONCERNANT LE PRODUIT	172
3. REUTILISER LES CONNAISSANCES	172
3.1. CONSULTER LES TACHES DU PROCESSUS ET LEUR ETAT	172
3.2. CONSULTER LES PARAMETRES DU PRODUIT	172
3.3. ASSISTER LES ACTEURS DANS LE DEROULEMENT DU PROCESSUS	173
II- UTILISATEURS DE DISCOVER -----	173
1. DIALOGUE ENTRE DISCOVER ET SES ACTEURS	173
2. DIAGRAMME DE CONTEXTE DYNAMIQUE	174
III- DIAGRAMME DE CAS D'UTILISATION -----	175
1. DESCRIPTION DES CAS D'UTILISATION	175
2. DIAGRAMME DE CAS D'UTILISATION.	177
IV- REALISATION DE LA MAQUETTE NUMERIQUE -----	180
1. ENVIRONNEMENT DE PROGRAMMATION	180
2. STOCKAGE DES DONNEES	181
2.1. PASSAGE DU MODELE CLASSE AU MODELE RELATIONNEL	181
2.2. MODELE LOGIQUE DE DONNEES	182
3. REALISATION DE LA COUCHE APPLICATION	183
3.1. PRESENTATION DES FENETRES	183
3.2. DIAGRAMME D'ENCHAINEMENT DES MENUS	185
V- REALISATION DE LA COUCHE PRESENTATION -----	185
CONCLUSION -----	193
PERSPECTIVES -----	195
BIBLIOGRAPHIE -----	196

Table des figures

Chapitre 1 :

Figure 1-1. Processus schématique de l'ingénierie séquentielle [Fleming et al. 1998]	12
Figure 1-2. Coûts engagés par la conception et dépenses.....	12
Figure 1-3. Phases du processus de conception	16
Figure 1-4. Types de conception et nature de produits.....	18
Figure 1-5. Conception routinière ; dimensionnement et intégration d'un système parmi autres existants.....	19
Figure 1-6. La re-conception ; Modifier un artefact pour satisfaire des nouvelles spécifications	19
Figure 1-7. La conception innovante ; Définir de nouvelles solutions alternatives pour les sous problèmes	20
Figure 1-8. La conception créative ; Gérer entièrement un nouvel artefact à partir d'un objectif.....	21
Figure 1-9. Développement séquentiel et concourant d'un nouveau produit, [Brookes et al. 1996].....	24

Chapitre 2 :

Figure 2-1. Dimension privée et dimension collective des connaissances individuelles.....	34
Figure 2-2. Les quatre modes de conversion de la connaissance	35
Figure 2-3. Les trois dimensions du Management des Connaissances de l'Entreprise [Grundstein 2002].....	37
Figure 2-4. Cycle du processus de capitalisation des connaissances [Grundstein 2001].....	40
Figure 2-5. Diagramme du modèle d'activité de MKSM.....	43
Figure 2-6. Le schéma du modèle du domaine de MKSM.....	43
Figure 2-7. Diagramme du modèle des concepts de MKSM.....	44
Figure 2-8. Diagramme du modèle des tâches de MKSM.....	44

Chapitre 3 :

Figure 3-1. Modèle fonctionnel du disque frein [Tollenaere et al. 1997].....	56
Figure 3-2. Modèle Produit [Menand et al. 2001].....	57
Figure 3-3. Modèles Produit [Sellini, 1999] [Yvars, 2001].....	58
Figure 3-4. Modèle du produit Compresseur [Tollenaere, 1995].....	59
Figure 3-5. Arbre tâches/méthodes [Vargas, 1995]	61
Figure 3-6. Le modèle physique de Vargas [Vargas, 1995]	63
Figure 3-7. Le modèle fonctionnel de Vargas [Vargas, 95].....	63
Figure 3-8. Exemple de modèle géométrique pour la tête de soupape	64
Figure 3-9. Exemple de contrainte portant sur la tête de soupape.....	64
Figure 3-10. Graphe du Processus de Conception	65
Figure 3-11. Les différents modèles.....	66
Figure 3-12. Une mémoire de projet puise des informations de diverses sources dans l'entreprise.....	67
Figure 3-13. Structure d'une mémoire de projet [Bekhti et al, 2003]	68
Figure 3-14. Mémoire de projet indexant différents types d'informations relatives à un projet	69
Figure 3-15. Le design square	75
Figure 3-16. La dynamique de C-K	76

Chapitre 4 :

Figure 4-1. Le cycle en V de l'ingénierie système.....	83
Figure 4-2. Les trois niveaux de connaissances de multi	85
Figure 4-3. Exemple de direction assistée avec pompe attelée au moteur thermique.....	87
Figure 4-4. Les paramètres relatifs à un article.....	87
Figure 4-5. Exemple de dépendance fonctionnelle pour les systèmes de direction.....	88
Figure 4-6. Exemple de solutions techniques (caractérisation et composition)	89
Figure 4-7. Exemple de l'impact des situations de vie sur les fonctions d'usage de l'article	90
Figure 4-8. Exemple d'installation de climatisation de voiture à compresseur attelé	91
Figure 4-9. Exemple de relation entre les acteurs	98
Figure 4-10. Exemple de relation entre les acteurs	98
Figure 4-11. Approche systémique du système de climatisation	99
Figure 4-12. Exemple de dépendance fonctionnelle du climatiseur.....	99
Figure 4-13. Exemple de dépendance de produits	100
Figure 4-14. Exemple de contraintes de cycle de vie d'un produit	101
Figure 4-15. Exemple d'instance d'un compresseur de climatiseur automobile.....	101

Figure 4-16. Exemple de processus de conception multi acteurs.....	102
Chapitre 5 :	
Figure 5-1. Exemple de Versions de classes et versions d'instances	108
Figure 5-2. Attribut composé sensible	111
Figure 5-3. Propagation de version provoquée par un attribut composé sensible	111
Figure 5-4. Versions composées.....	112
Figure 5-5. La spirale de design montrant l'évolution des versions, [Carnduff et al. 1993].....	113
Figure 5-6. Evolution des objets complexes avec des fonctions matérialisées	114
Figure 5-7. Espace de conception d'ontologie.....	116
Figure 5-8. Exemple d'espace d'ontologie	117
Figure 5-9. Hiérarchie des versions de schéma.....	119
Figure 5-10. Hiérarchie des versions de schéma.....	119
Chapitre 6 :	
Figure 6-1. Architecture du système de représentation des informations de conception. [Kim, 1996]	126
Figure 6-2. Présentation des trois niveaux de connaissance de MULTI.....	127
Figure 6-3. Relation entre article et connaissance.....	128
Figure 6-4. Les retours d'expériences	128
Figure 6-5. Les instances d'article	129
Figure 6-6. Les instances de paramètre sur chaque projet	130
Figure 6-7. Arbre de versions	132
Figure 6-8. Agrégation d'anciens éléments de connaissances à nouveau projet	133
Figure 6-9. Evolution des versions issues d'une agrégation de connaissances	134
Figure 6-10. Création dynamique de révisions à partir d'une version de connaissances.....	135
Figure 6-11. Exemple de mécanisme de transformation d'une révision en version de connaissance.....	135
Figure 6-12. Exemple de propagation de versions majeures et de versions mineurs	136
Figure 6-13. Relation entre une tâche et son environnement.....	137
Figure 6-14. Modèle SADT d'une tâche	137
Figure 6-15. Exemple de succession de tâches définissant un processus de conception	139
Figure 6-16. Interface d'identification	140
Figure 6-17. Interface de chargement des paramètres.....	142
Figure 6-18. Exemple d'interface fiche résultat d'une tâche	143
Figure 6-19. Relation entre un concept et les connaissances qui le définis	144
Figure 6-20. Les types de paramètres.....	145
Figure 6-21. Exemple d'évolution d'un processus de conception.....	146
Chapitre 7 :	
Figure 7-1. Exemples de compresseurs à pistons.....	150
Figure 7-2. Exemples de compresseurs à palettes.....	150
Figure 7-3. Compresseur Sanden SD7H15.....	151
Figure 7-4. Exemples de condenseur à air forcé pour climatiseur automobile	151
Figure 7-5. Réservoir déhydrateur tampon	151
Figure 7-6. Détendeur thermostatique monobloc.....	152
Figure 7-7. Exemples d'évaporateur à circulation d'air forcé	152
Figure 7-8. Filtre habitacle	153
Figure 7-9. Schéma simplifié d'un circuit électrique de climatiseur automobile.....	153
Figure 7-10. Exemple de gaine de distribution d'air (avant et arrière) pour voiture climatisée.....	154
Figure 7-11. Exemple de canalisations d'un climatiseur automobile	154
Figure 7-12. Exemple de circuit frigorifique d'un système de climatisation de voiture automobile.....	154
Figure 7-13. Bilan énergétique global.....	156
Figure 7-14. Variation de température dans le temps par conduction	156
Figure 7-15. Flux de la chaleur sensible par convection	157
Figure 7-16. Chaleur latente	157
Figure 7-17. Apport calorifique latent des passagers	157
Figure 7-18. Apport calorifique sensible des passagers	158
Figure 7-19. Exemple de processus de conception multi-acteurs	159
Figure 7-20. Versionnement en fonction de paramètres déterminants	159
Figure 7-21. Versionnement suite à une innovation ou une loi d'interdiction	160
Figure 7-22. Les flux de connaissances autour du patrimoine.....	161
Figure 7-23. Echange de connaissances au sein d'une équipe d'un projet	162
Figure 7-24. Modèle relationnel	163

Figure 7-25. Scénario de dynamique de versionnement des connaissances	164
Figure 7-26. Dynamique d'échange des connaissances au cours d'un processus de conception	164
Figure 7-27. Enrichissement d'un concept par des éléments de connaissances issus du processus de conception	165
Figure 7-28. Enrichissement du processus "choisir un compresseur" par des retours d'expériences	166
Figure 7-29. Description du concept système de climatisation par sa partition	167
Figure 7-30. Un exemple d'instance du paramètre sur différents projets.....	167
Figure 7-31. Instance de tâche et version de processus de conception	168
Figure 7-32. Exemple de versionnement et agrégation des connaissances.....	169
Figure 7-33. Extrait du référentiel métier	169

Chapitre 8 :

Figure 8-1. Généralisation des acteurs	174
Figure 8-2. Diagramme de contexte dynamique	174
Figure 8-3. Diagramme de cas d'utilisation décrivant la relation entre les acteurs	177
Figure 8-4. Cas d'utilisation ; Implémenter le modèle processus	177
Figure 8-5. Cas d'utilisation ; gérer projet.....	178
Figure 8-6. Cas d'utilisation ; Consulter une tâche et ses connaissances	178
Figure 8-7. Cas d'utilisation ; gérer paramètre	179
Figure 8-8. Cas d'utilisation ; gérer tâche	179
Figure 8-9. Cas d'utilisation ; gérer versionnement	180
Figure 8-10. Exemple de lien d'association ; est réalisé par.....	181
Figure 8-11. Exemple de lien d'association ; appartient	182
Figure 8-12. Exemple de lien de réflexion	182
Figure 8-13. Modèle logique de données	183
Figure 8-14. Diagramme d'enchaînement des menus	185
Figure 8-15. Diagramme objet d'un processus de dimensionnement et de choix d'une courroie	186
Figure 8-16. Page d'accueil.....	186
Figure 8-17. Identification de l'utilisateur.....	187
Figure 8-18. Fiche Acteur	187
Figure 8-19. Fiche de tâche	188
Figure 8-20. Fiche résultat de tâche	189
Figure 8-21. Fiche version de paramètre	189
Figure 8-22. Authentification de l'administrateur.....	190
Figure 8-23. Menu	190
Figure 8-24. Table projet.....	191
Figure 8-25. Table Processus.....	191
Figure 8-26. Table Tache	192
Figure 8-27. Table Paramètre	192

Glossaire

BP :	Bibliothèque de Projet
BPR :	Business Process Reengineering
CAO :	Conception Assistée par Ordinateur
CDV :	Cycle De Vie
CE :	Concurrent Engineering
CEA :	Commissariat à l'Energie Atomique
CFC :	Chloro Fluoro Carbure
C-K:	Concept - Knowledge
D.A.E :	Directions Assistées Electriques
DAO :	Dessin Assisté par Ordinateur
DEKLARE :	DEsign KnowLedge Acquisition and Redesign Environment
DISCOVER:	DeSIgn with KnOWledge VERsioning
EC :	Elément de Connaissance
ECD :	Elément de Connaissance Documentaire
EEX :	Elément d'Expérience
ERP :	Entreprise Ressource Planning
ESF :	Elément de Savoir-Faire
GED :	Gestion Electronique de Documents
GEP :	Groupe Electro-Pompe
HCFC :	Hydro Chloro Fluoro Carbure
HDI :	High pressur Diesel Injection
HFC :	Hydro Fluoro Carbure
IA :	Intelligence Artificielle
INRIA :	Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique
IOMS:	Inferential Ontology Management System
IP :	Internet Protocol
KADS :	Knowledge and Analysis Design Support
KAON :	KARlsruhe ONtology
KBE :	Knowledge Based Engineering
KBSC :	South Bank Polytechnic-Royaume-Uni
KE :	Knowledge Engineering
KM :	Knowledge Management
KOD:	Knowledge Oriented Design
MFOs :	Materialized Function Objects
MKSM :	Methodology for Knowledge System Management
OMG :	Object Management Group
OMT :	Project Modelling Technique
OOSE :	Object Oriented Software Engineering
OVEN:	Ontology Versioning Environment
PAG :	Polyakylène Glycol
PE :	Paramètre Externe
PI :	Paramètre Interne
PME:	Petite et Moyenne Entreprise
PP :	Paramètre Partagée

RCD :	Référentiel de Connaissance de Domaine
RCP :	Référentiel de Connaissance Produit
REX :	Retour d'EXpérience
SADT :	Stuctured Analyses and Design Technic
SAGEP :	Système d'Aide à la GEstion du Processus
SBC :	Systèmes Basés sur les Connaissances
SGBD :	Système de Gestion de Base de Données
SGDT :	Système de Gestion de Données Techniques
SGDT :	Système de Gestion des Données Techniques
TIC :	Technologies de l'Information et de la Communication
UML :	Unified Modelling Language

Sommaire introduction

<i>I.</i>	<i>INTRODUCTION GENERALE</i>	<i>1</i>
<i>II.</i>	<i>APPORT DE L'ETUDE</i>	<i>3</i>
<i>III.</i>	<i>PLAN DE LECTURE</i>	<i>6</i>
	<i>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</i>	<i>8</i>

Introduction :

I. INTRODUCTION GENERALE

La conception est une activité complexe. Cette complexité est due pour une grande part à la position qu'occupe la conception au sein des entreprises et aux nombreux acteurs et organisations qui y interviennent. Elle doit aujourd'hui répondre à différents objectifs, porteurs de multiples contraintes. La conception de produit consiste à utiliser les connaissances des acteurs spécialisés (domaine) et à les matérialiser à travers de nouveaux produits. La conception ne se limite pas toutefois à une activité technique ou scientifique. Elle constitue également pour les entreprises une activité économique. Si l'objectif premier d'un processus de conception reste de définir une réponse à un besoin non satisfait, l'acte de concevoir sert également à produire une valeur ajoutée, indispensable pour assurer la pérennité des entreprises.

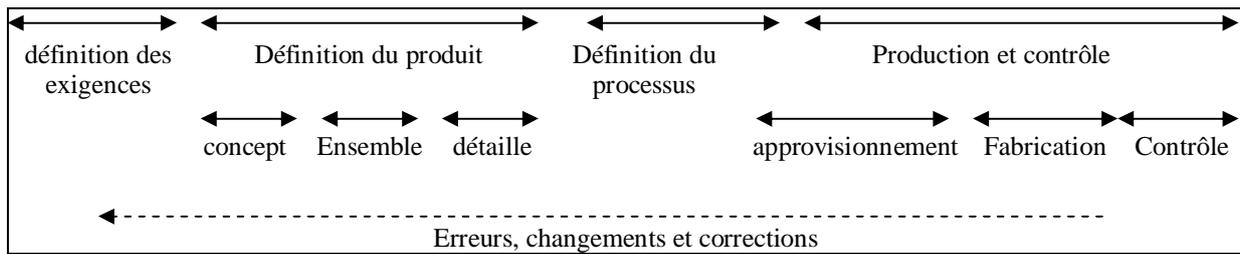
Le processus de conception s'inscrit en effet dans une logique à la fois scientifique, sociale et économique [Poveda, 2001]. Sur le plan scientifique, les connaissances et les savoirs augmentent sans cesse, offrant aux concepteurs de nouvelles voies de résolution et de nouvelles solutions. L'électronique, l'automatique et l'informatique sont des domaines aujourd'hui largement représentés dans les produits mécaniques. Cette augmentation des connaissances peut conduire à un cloisonnement des savoirs, répartis entre différents acteurs qui concourent (échanges de contraintes physiques ou fonctionnelles, tâches réalisées par des acteurs différents...) au développement physique du produit, à son fonctionnement (réalisation des fonctions) ainsi qu'à l'optimisation de sa qualité et de ses performances.

Il est en effet maintenant reconnu que les enjeux et les gains les plus conséquents, en terme de qualité des produits, de coûts d'investissement et de délais de développement, sont engagés dès les premières phases de développement d'un produit, et principalement dans la phase de conception [Clautrier, 1991].

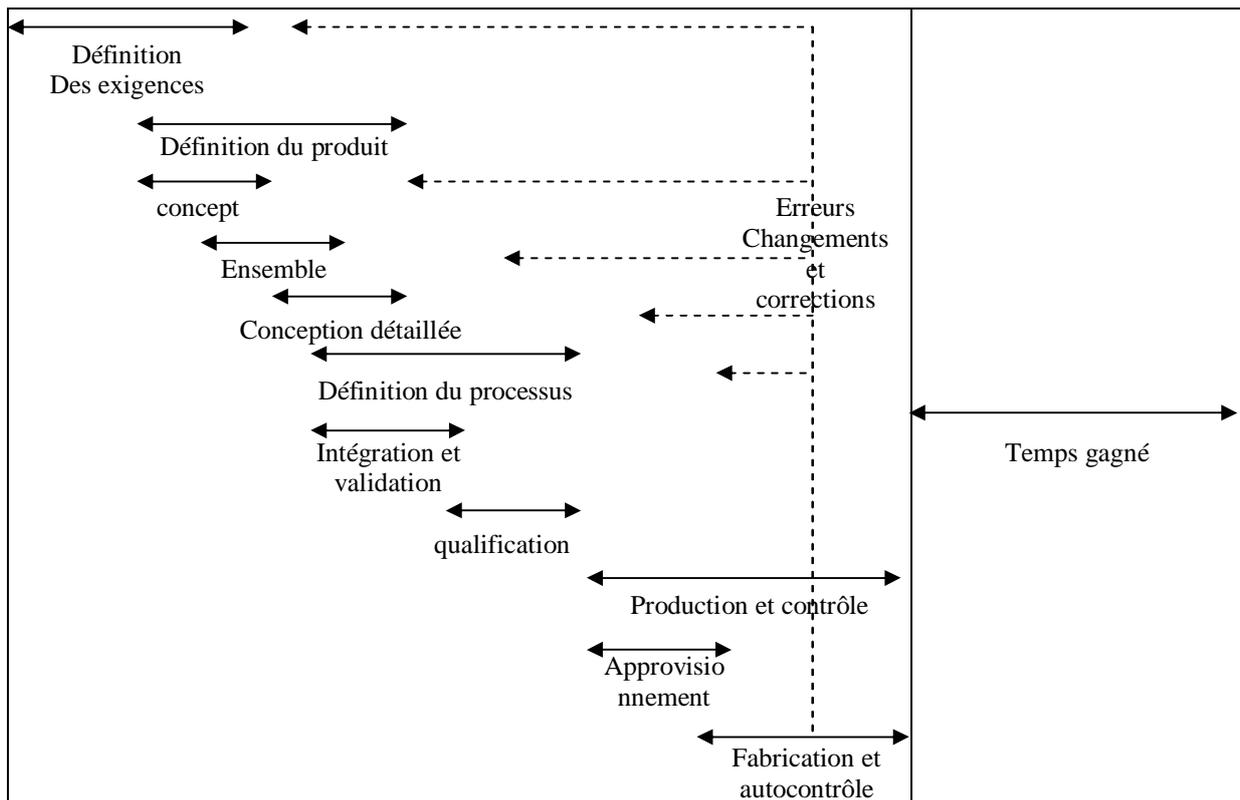
Pour répondre aux objectifs de réduction des délais de mise sur le marché, les entreprises mettent en œuvre des solutions de « conception produit processus », « d'ingénierie simultanée » ou « d'ingénierie concourante ».

Pour être efficace, le processus de conception doit aujourd'hui aborder l'ensemble du cycle de vie d'un produit, depuis sa définition jusqu'à sa destruction ou son recyclage. C'est en réponse à ce besoin de réorganisation des processus et des savoirs techniques que sont nés les concepts de concurrent engineering, d'ingénierie simultanée et de conception intégrée. « L'ingénierie concourante » [Solhenius, 1992] consiste au développement rapide du produit en exécutant en parallèle la conception du produit, la conception de son processus de fabrication ainsi que les autres tâches industrielles relatives à la réalisation du produit ; toutes ces tâches étaient auparavant exécutées séquentiellement (voir tableau ci dessous).

Développement séquentiel des produits : individu, modification lente, basse qualité



Développement simultané des produits : équipes, modification rapide, haute qualité



Dans ces nouvelles approches, l'intégration des points de vue de tous les acteurs du cycle de vie des produits devient essentielle dès la phase de définition. Mais ces nouvelles approches constituent également des démarches où se heurtent les logiques économique et scientifique. Dans de tels processus où les concepteurs doivent aborder les produits de manière globale, le concept d'entreprise aux secteurs cloisonnés par connaissances scientifiques et techniques est alors fortement remis en cause. Les liens qui réunissaient jusqu'alors les différents métiers doivent être totalement repensés. Cette réorganisation de la conception et cette confrontation entre des acteurs de métiers différents qui vont conduire les entreprises à créer de nouvelles activités et de nouveaux métiers d'interface.

Dans ces approches de la conception, les rôles et les positions de chaque acteur doivent être redéfinis. Le cloisonnement par services métiers ne correspondant plus au découpage de l'activité, les entreprises vont alors se tourner vers une organisation plus transversale de la conception : la structure projet. Au sein de ces organisations projets, un nouveau métier à l'interface du domaine économique et des différents domaines techniques, va alors émerger : celui de pilote projet. Mais la mise en place de ces nouvelles organisations pour supporter la

conception met en évidence un manque d'outils capables de supporter un processus maintenant partagé et distribué.

Cependant, l'ingénierie concourante n'a pas immédiatement perçu le bénéfice de l'évolution des technologies de l'information comme les technologies web permettant de distribuer et de partager les informations (données) techniques à tous les partenaires, distants ou pas, impliqués dans un projet. Les informations sont essentiellement véhiculées par des documents formalisés ou intranet, ce qui ne facilite pas l'accès rapide à l'information pertinente et à jour. Cette organisation pose des problèmes de mise à jour des documents suite à des modifications de paramètres produit et engendre des problèmes de prise en compte des modifications par les acteurs concernés du fait que l'information est trop statique. A tous ces problèmes se rajoute le fait qu'un concepteur travaille sur plusieurs projets simultanément et se retrouve à gérer des versions multiples dans différents projets.

Le système d'information actuel de l'entreprise se préoccupe encore peu des connaissances relatives au savoir-faire, à la traçabilité des choix de conception réalisés et aux expériences passées de l'entreprise. Or ces connaissances, au même titre que les informations de type données techniques, nécessitent d'être stockées, partagées, distribuées, consultées, analysées, traitées, validées, mises à jour, versionnées puis « déclassées » quand elles sont devenues obsolètes. Ces connaissances concernent soit le produit, soit les tâches d'ingénierie. L'idéal est que le concepteur, afin de réaliser ses tâches, dispose de la connaissance valide (opportune) au bon moment.

II. APPORT DE L'ETUDE

Dans le cadre de nos travaux, nous nous intéressons principalement à la conception routinière. Pour ce type de conception, les concepts technologiques existent déjà et sont bien connus des concepteurs qui n'ont plus qu'à les dimensionner et à les intégrer dans un nouvel environnement. Les processus de conception routiniers montrent des tâches répétitives auxquelles se livrent les concepteurs et traduisent la reprise d'un existant pour lequel des modifications et des adaptations sont apportées conformément à d'autres besoins [Chandrasekaran, 1990]. Toutefois, nous n'écartons pas d'éventuelles situations de conception créative ou innovante pour certains besoins spécifiques.

Nos travaux se sont basés sur les modèles pour la capitalisation et la réutilisation des connaissances en conception routinière dans un contexte de co-conception (projet MULTI thèse de Sébastien Menand [Menand, 2002]). Cette thèse conduite sous forme de convention CIFRE avec PSA s'est appuyée sur l'exemple de la conception des directions assistées automobiles. Un ensemble de modèles allant du paramètre élémentaire à la notion de projet a permis de structurer l'information et les connaissances en trois niveaux ; le premier représentant le domaine de l'ingénierie système en conception fonctionnelle, le second hébergeant le domaine des directions assistées, le troisième permettant de capitaliser au fil de l'eau et de distribuer les données instanciées dynamiquement au long des différents projets de conception.

Dans une première étape, l'étude se focalise dans la structuration et l'affinage des modèles proposés afin de faciliter leur mise en place en base de données Access ou Oracle. Nous allons présenter des concepts pour les connaissances et les informations partagées durant la phase amont à la conception, en particulier, la définition fonctionnelle qui précède la modélisation géométrique en CAO pour la conception routinière, dans l'intention de développer une méthodologie. Cette dernière a pour objectif d'aider les acteurs implantés dans la conception, à gérer les connaissances et les données techniques au cours de leur travail. Les modèles ont déjà été appliqués sur les systèmes de direction assistée. Pour valider ces concepts, ils seront appliqués sur d'autres domaines tels que les systèmes de climatisation automobile.

Le deuxième volet consiste à poursuivre ces travaux à travers l'élaboration d'une méthode qui met en évidence la collaboration des acteurs impliqués dans un processus de conception en vue de construire dynamiquement un référentiel métier, qui trace l'historique du processus d'ingénierie et capitalise les connaissances et les ressources liées au produit dans le but de réutiliser ce patrimoine informationnel. Un projet est souvent conduit par plusieurs acteurs de métiers, de compétences et de logiques d'action différentes. Ainsi Stéphane Mer précise bien dans [Mer, 1998] cette problématique d'intégration des métiers au sein d'un même projet, à travers la notion de "monde", définie comme un ensemble cohérent et structuré composé d'outils, d'objets et d'acteurs qui développent des mêmes logiques d'actions, relèvent des mêmes échelles de grandeur et partagent des connaissances collectives. Cet état de fait rend la coopération entre acteurs de mondes différents complexe et souvent peu efficace pour les projets. L'objectif est de fournir aux acteurs pilotes un outil de conduite technique des projets, capable de supporter le recueil de tous les points de vue, leur traduction en termes techniques sur l'objet de conception, puis leur intégration dans le processus.

Pour faciliter les tâches des concepteurs impliqués dans un projet de conception routinière, dans un contexte d'ingénierie concurrente, une bibliothèque de connaissances et un outil d'ingénierie basé sur l'information (KBE : knowledge based engineering) s'avèrent nécessaires. Cet outil sera utilisé comme un support de flux d'informations fonctionnelles partageables entre les différents acteurs pouvant travailler sur différents sites et différents projets.

La partie cruciale de cette étude consiste à étudier de façon formelle les mécanismes d'agrégation de modèles de connaissances de domaine. Le domaine des connaissances est continuellement modifié par des acteurs différents, ce qui implique que sur le référentiel général de connaissances nous allons voir apparaître de nouvelles connaissances (actualisation, enrichissement...) et des modifications sur les anciennes (expansion, restriction, changement...). Ceci va engendrer une grande diversité de connaissances, difficile à gérer. Pour résoudre ce problème, tout en gardant les traces des anciens modèles de connaissances nous proposons d'étudier les *versions* de connaissances. Sur ce créneau, différentes méthodologies ont été proposées dans le domaine de l'ingénierie des connaissances dans le but de répondre aux difficultés de la gestion des connaissances. Les connaissances capitalisées sont des connaissances de métier ou des connaissances techniques associées au domaine de l'application dont l'exploitation est possible par l'intermédiaire d'un outil de partage

d'informations et permettant leur consultation. Cependant, l'analyse sémantique exige des outils informatiques pour comprendre la structure et le lexique de cette connaissance, de ce fait rendre leur implication explicite (vérification) et détecter les éventuelles contradictions (validation) [Sellini, 1999].

Pour étudier les mécanismes de versionnement des modèles de connaissances, nous allons nous baser sur la nouvelle théorie de la conception dite théorie C-K [Hatchuel, et al. 2002]. Cette théorie s'appuie sur la distinction entre l'espace des concepts 'C' et l'espace des connaissances 'K'. Elle stipule que la conception oscille d'un espace à l'autre en co-construisant le produit et les connaissances qui le supportent. La théorie C-K s'appuie sur les théories de conception existantes, cependant elle réinterprète ces théories comme cas spéciaux d'un modèle unifié de raisonnement. Ce modèle permet de résoudre deux problèmes récurrents qui n'ont pas pu être résolus par les théories traditionnelles : offrir une définition claire et précise de la conception ; offrir une théorie où la pensée créative et l'innovation ne sont pas externes à la théorie de conception. Le versionnement des connaissances sera étudié à travers la traduction du 'square' des connaissances de C-K.

Le versionnement consiste à étudier la capacité de contrôler les modifications et les conséquences requises et avoir une traçabilité du processus de conception (sous forme de versions). Les travaux de recherche sont focalisés sur le versionnement d'objets [Kim et al. 1989], [Talens et al. 1993] et [Van Leeuwen et al. 2003], le versionnement d'objet orienté sur les bases de données data warehouse [Zdonik, 1986], le versionnement d'ontologie [Katz et al. 1984], [Klein et al. 2002] et [Noy et al. 2003], et le versionnement des schéma [Kim et al. 1988] et [Bellosta et al. 1996]. Les recherches sur le versionnement des connaissances sont très rares. C'est une fonctionnalité critique dans ce cadre de traiter le versionnement et la gestion des connaissances multiples. En fait, le versionnement nécessite une analyse complète des connaissances disponibles, qui est basée sur les modifications présentées par la transformation d'une version de connaissance en une autre différente. Une telle analyse mène à la spécification de la traçabilité de l'évolution des versions de connaissances qui permet de les capitaliser, en évitant d'éventuelles redondances, dans le but de les réutiliser sur d'autres projets. Pour pallier ces problématiques, nous proposons un mécanisme permettant d'exprimer des règles d'évolution et de définir et gérer des stratégies d'évolution. Les règles d'évolution proposées ici permettent d'exprimer les vérifications et les propagations de mise à jour à exécuter avant et après une opération faisant évoluer une version de connaissance.

L'étude a conduit au développement d'une maquette informatique appelé «DISKOVER» (DeSIgn with KnOwledge VERsioning). Le modèle affiné y est implémenté afin de permettre son "remplissage" avec des connaissances, informations et données d'un domaine particulier (par exemple : la conception des systèmes de climatisation dans notre cas d'application). Le prototype informatique permet par sa consultation et sa mise à jour de valider l'approche proposée.

III. PLAN DE LECTURE

Le manuscrit de la thèse comporte sept chapitres :

- Le premier chapitre de ce document détaille l'activité de conception (fonctionnelle et détaillée) de nos jours puis les problèmes qui y sont rencontrés. Ce chapitre pose la problématique de l'étude. Il décrit les méthodes de travail actuelles tout en mettant l'accent sur leur caractère multi acteurs. Ce chapitre montre en quoi, la conception routinière, est le type de conception où les progrès et les gains associés escomptés sont les plus importants. Au terme de ce chapitre on présente l'impact, des outils informationnels et particulièrement les nouvelles technologies de l'information de la communication, sur les processus d'ingénierie dans les entreprises.
- Le chapitre 2 vise à donner l'état de l'art sur les méthodes et outils existants pouvant permettre de résoudre la problématique de l'étude. Il décrira les méthodes et modèles pour formaliser les données, informations et connaissances sur un produit et son processus de conception. Il décrit les méthodes et les outils de la gestion des connaissances. Le chapitre se termine par une analyse de la problématique de la capitalisation des connaissances et l'apport de l'intelligence artificielle tout en listant les principales méthodologies et outils de capitalisation des connaissances.
- Le chapitre 3 expose la dynamique des connaissances dans les méthodologies et les outils de conception. Il présente les différents modèles de l'ingénierie des connaissances en conception et définit certains projet et théories antérieures, tel que : le projet DEKLARE, la notion de mémoire de projet et la théorie C-K.
- Le chapitre 4 aborde le problème de la gestion du référentiel métier. Il présente les trois modèles de connaissance de MULTI et explique comment les connaissances, informations et données encapsulées dans le modèle, peuvent être capturées, utilisées et enrichies par les concepteurs. Une méthode de recueil des connaissances est proposée pour élaborer les modèles du domaine suivi d'une validation à travers l'application des modèles sur les directions assistées et les systèmes de climatisation automobiles.
- Le chapitre 5 traite la gestion du versionnement d'objet, d'ontologie et schéma de base de données. Il décrit l'évolution des versions pour chaque cas.
- Le chapitre 6 permet d'illustrer une proposition d'un mécanisme de versionnement et d'agrégation des modèles de connaissances au cours d'un processus de conception collaborative. Il détaille les mécanismes d'évolution des versions de connaissances et la dynamique des concepteurs à travers un scénario de conception.
- Le chapitre 7 décrit un cas d'application support qui est le dimensionnement fonctionnel des systèmes de climatisation automobile.

- Le chapitre 8 permet de présenter l’outil informatique qui orchestre les modèles et dans lequel ils sont implémentés et le mécanisme de versionnement des connaissances. Les spécifications fonctionnelles de la maquette informatique DISKOVER sont présentées ainsi que des scénarios d’utilisation de celle-ci.

Finally, the report ends with organizational recommendations to allow the use of DISKOVER and scientific perspectives that can be envisaged as a result of the study.

Références bibliographiques

- [Bellosta et al. 1996] Bellosta, M.J., Wrembel, R., Jomier, G.: Management of schema versions and versions of schema instance in a multiversion database. Technical Report Verso Report number 99, INRIA Rocquencourt, France (1996)
- [Brookes et al. 1996] Brookes N and Backhouse C 1996 in Concurrent Engineering - What's working where, Gower, p.5.
- [Chandrasekaran, 1990] B. Chandrasekaran, Design Problem Solving: A Task Analysis, AI Magazine, Vol. 11(4), pp. 59-71, 1990.
- [Clautrier, 1991] M. Clautrier, « Difficultés de nouvelles approche de conception dans le spatial », 1991, séminaire GSIP , La conduite de projet pour méthodes et outils, Grenoble.
- [Hatchuel, et al. 2002] Hatchuel, A., & Weil, B. "La théorie C-K: fondements et usages d'une théorie unifiée de la conception". Proceeding du Colloque sciences de la conception, Lyon, 15-16 mars 2002.
- [Katz et al. 1984] Katz, R. and T. Lehman. "Database Support for Versions and Alternatives of Large Design Files," IEEE Trans. on Software Engineering, vol. SE-10, no. 2, March 1984, pp. 191-200.
- [Kim et al. 1988] Kim W., Hong-Tai Chou. Versions of Schema for Object-Oriented Data bases. 14th VLDB Conference, Los Angeles, Calif., 1988, pp. 148-159.
- [Kim et al. 1989] Kim W., Bertino E., Garza J. F. Composite Objects Revisited. SIGMOD Record, Vol 18, No 2, June 1989, pp. 337-347.
- [klein et al. 2002] Michel Klein, Atanas Kiryakov, Damyan Ognyanov, and Dieter Fensel. Ontology versioning and change detection on the web. In 13th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management (EKAW02), Spain, 2002.
- [Menand 2002] Menand S., « Modélisation pour la réutilisation du processus de conception Multi acteurs de produits industriels » Thèse de Doctorat de l'institut National Polytechnique – Grenoble, janvier 2002.
- [Mer, 1998] S. Mer « Les mondes et les outils de la conception, pour une approche sociotechnique de la conception de produit » 1998, thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Grenoble
- [Noy et al. 2003] Natalya F. Noy and Mark A. Musen: Ontology Versioning as an Element of an Ontology-Management Framework in Stanford Medical Informatics SMI proceeding March 31, 2003 at Stanford, CA 94305, USA.
- [Poveda 2001] Olivier Poveda : Pilotage technique des projets d'ingénierie simultanée, modélisation des processus, analyse et instrumentation ; Thèse de doctorat de Mécanique : Conception, Géomécanique, Matériaux à l'Institut National Polytechnique de Grenoble, 1998.
- [Sohlenius, 1992] G. Sohlenius, Concurrent Engineering, Annals of CIRP, Vol. 41, pp. 645-655, 1992.
- [Talens et al. 1993] G. Talens, C. Oussalah and M. F. Colinas. Versions of simple and composite objects. In Proceedings of the 19th conference on Very Large Data Bases, Dublin, Ireland, August 24-27, 1993.
- [Van Leeuwen et al. 2003] Van Leeuwen, J.P. & S. Fridqvist (2003) "Object Version Control for Collaborative Design", Proceedings of the 9th EuropIA International Conference, E-Activities in Building Design and Construction, Istanbul, TR, October 8-10, 2003, pp. 129-139.
- [Zdonik 1986] Zdonik S.B.: Version Management in an Object-Oriented Database; International Works on Advanced Programming Environments, Trondheim, Norway, 1986, pp. 139-200.

Sommaire chapitre 1

LES DEMARCHES DE LA CONCEPTION -----	10
I. INTRODUCTION -----	10
II. ÉVOLUTION DE L'INGÉNIERIE MÉCANIQUE ET DU PROCESSUS DE CONCEPTION -----	10
1. UN PEU D'HISTOIRE-----	11
2. L'INGENIERIE SEQUENTIELLE-----	11
2.1. DESCRIPTION-----	11
2.2. INCONVENIENTS-----	12
3. L'INGENIERIE CONCOURANTE-----	13
3.1. CONTEXTE D'APPARITION-----	13
3.2. QU'EST-CE QUE L'INGENIERIE CONCOURANTE ?-----	14
3.3. L'INGENIERIE CONCOURANTE ; UN FACTEUR DE COMPETITIVITE POUR L'ENTREPRISE-----	14
III. DEMARCHE DE CONCEPTION DE PRODUITS -----	14
1. ACTIVITE DE CONCEPTION DE PRODUITS : ETAT DE L'ART-----	14
2. ACTIVITE ET PROCESSUS DE CONCEPTION-----	15
3. LES PRINCIPALES PHASES DU PROCESSUS DE CONCEPTION-----	16
3.1. ELABORATION DU CAHIER DE CHARGES-----	17
3.2. SPECIFICATION DES PRINCIPES-----	17
3.3. CONCEPTION D'ENSEMBLE-----	17
3.4. CONCEPTION DETAILLEE-----	17
4. CLASSIFICATION DES TYPES DE CONCEPTION-----	18
4.1. CONCEPTION ROUTINIERE-----	18
4.2. LA RE-CONCEPTION-----	19
4.3. CONCEPTION INNOVANTE-----	20
4.4. CONCEPTION CREATIVE-----	20
IV. LE CARACTERE MULTI ACTEURS DE LA CONCEPTION ROUTINIERE -----	21
1. L'INGENIERIE CONCOURANTE ET SES IMPACTS SUR LA CONCEPTION ROUTINIERE-----	21
2. LA CONCEPTION DISTRIBUEE-----	21
3. LA CONCEPTION PRODUIT – PROCESS-----	22
4. LA CO-CONCEPTION-----	22
5. LA CONCEPTION INTEGREE-----	22
V. L'INGENIERIE CONCOURANTE DANS L'ENTREPRISE ÉTENDUE -----	23
1. CONTEXTE-----	23
2. L'INGENIERIE CONCOURANTE FACTEUR DE COMPETITIVITE-----	23
3. LES BESOINS INFORMATIONNELS DE LA CONCEPTION COLLABORATIVE A DISTANCE-----	24
4. L'ECHANGE D'INFORMATIONS EN CONCEPTION MECANIQUE-----	25
VI. INTEGRATION DES TIC DANS UN CONTEXTE D'INGENIERIE CONCOURANTE ---	25
1. ÉTAT DES OUTILS INFORMATIONNELS DANS L'ENTREPRISE-----	25
2. LES PROBLEMES SOULEVES-----	26
2.1. LE FACTEUR HUMAIN-----	26
2.2. LA SECURITE-----	27
2.3. ADAPTATION A LA CONCEPTION MECANIQUE-----	27
VII. BILAN DU CHAPITRE 1 -----	28
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES -----	29

Chapitre 1 :

LES DEMARCHES DE LA CONCEPTION

I. INTRODUCTION

Au cours des trente dernières années, le paysage économique mondial a subi des mutations très importantes. Cette évolution de l'économie a provoqué de nombreuses remises en cause pour l'industrie, que ce soit au niveau des stratégies commerciales, de l'organisation interne ou de la façon de concevoir les produits.

Deux aspects sont particulièrement intéressants dans le cadre de cette thèse. D'une part, la façon dont s'organise l'ingénierie du produit, avec l'apparition à la fin des années 80 du concept « d'ingénierie concourante » qui constitue un véritable changement d'organisation et de culture.

II. ÉVOLUTION DE L'INGÉNIERIE MÉCANIQUE ET DU PROCESSUS DE CONCEPTION

Afin de mieux comprendre les différentes approches qui sont aujourd'hui en cours de développement, il est nécessaire de comprendre quels sont les événements et les idées importantes qui ont fait évoluer le processus de conception par étape au cours du temps.

- Du moyen-âge au XII^e siècle : à l'époque médiévale, les savants arabo-musulmans sont à l'origine de découvertes scientifiques majeures en philosophie (Al-Kindi, '801-873' ; Al Ghazali, '1058-1111'), mathématique (Al Khawarizmi, '780-850 ; Omar Khayam, '1050-1123'), médecine (Abu Bakr Al Razi, dit Razès '864-v. 925' ; Abu Ali Al Husayn Ibn Sina dit Avicenne '980-1037') chimie (Abu Musa Jabir ibn Hayyan dit Geber '721-815'), optique (Ibn Al Haytham '965-1040'), astronomie, etc. à cet aire les savants étaient pluridisciplinaires tels que Al-Biruni, '973-v. 1050' qui a rédigé plus de 113 ouvrages. Les sujets traités étaient l'astronomie, l'astrologie, la chronologie, la géographie, les mathématiques, la mécanique, la médecine, la pharmacologie, la météorologie, la minéralogie, l'histoire, la religion, la philosophie, la littérature et la magie. Parmi les travaux les plus importants d'Al-Biruni, on retiendra "Canon, son étude la plus complète sur l'astronomie ; Densités, qui recense les poids spécifiques des différents métaux, liquides et pierres précieuses ; Astrolabe, l'une des meilleures descriptions de cet instrument". Les travaux d'ingénierie à cette époque étaient artisanaux [MS Encarta ® 2007].
- Du XIII^e siècle au XIX^e siècle : à partir du XIII^e siècle les travaux scientifiques sont transmis aux grandes universités d'Europe, c'est l'aire de la renaissance scientifique. Cette époque était marquée par les travaux de Léonard de Vinci (1452-1519), qui étaient parmi les premiers qui ont développé la notion de la conception et de l'ingénierie.
- 1920 : apparition de la production de masse, Taylor et Ford

- 1947 : début de la formalisation de la conception elle-même avec l'Analyse de la Valeur.
- Après les périodes des 30 glorieuses de la 'masse production' 1945-1975. Le moteur principal des évolutions qui ont eu lieu dans les entreprises depuis le début du XX^e siècle est la situation économique.

1. Un peu d'histoire

Jusqu'à la Renaissance, la conception et la réalisation d'un produit sont intimement liées. L'artisan est à la fois le concepteur et le réalisateur de ses produits. Pour la construction de projets de grande envergure, par exemple les églises, le plan fourni par l'architecte est un support indicatif sur lequel les différents métiers chargés de la réalisation peuvent s'appuyer. Mais ceux-ci participent également à la finalisation de la conception en y ajoutant leurs savoirs et habitudes acquis par expérience. Le délai n'est pas encore une donnée contraignante et les méthodes de travail ne sont pas encore très structurées.

A l'apparition de la production de masse dans les années 1920. Ford et Taylor préconisent une organisation rationnelle du travail. La conception est devenue le privilège exclusif du Bureau d'Études. Celui-ci fournit un plan très détaillé du produit à réaliser au Bureau des Méthodes qui est lui-même chargé de la conception du processus de fabrication. L'atelier fabrique en suivant les prescriptions du Bureau des Méthodes. Le processus de conception n'est toutefois toujours pas formalisé.

La communication entre les trois entités Bureau d'Études, Bureau des Méthodes et atelier est alors prescriptible. Les informations sont communiquées de l'une à l'autre par l'intermédiaire de supports écrits ou de dessins. Cette organisation très rigide de la conception suit une logique séquentielle dans laquelle les différents services impliqués dans le développement du produit interviennent à tour de rôle, c'est ce qu'on appelle « ingénierie séquentielle »

Du début du XX^e siècle jusqu'aux années 60-70, la demande est suffisamment abondante et peu sélective pour permettre à toutes les entreprises de trouver leur place sur leur segment de marché. Les entreprises d'un même secteur peuvent en quelque sorte se partager les clients sans pour autant se faire concurrence.

Depuis le milieu des années 80, les entreprises doivent s'imposer pour garder leur place sur un marché qui devient de plus en plus étroit. La concurrence s'accroît et il convient d'être le plus rapide sur le marché avec un produit qui satisfasse au mieux les exigences du client, tant au point de vue du coût que de la qualité, pour pouvoir aspirer à une survie de l'entreprise. Cette ouverture et nécessité de produire mieux et rapidement ont conduit à l'apparition à la fin des années 80 du concept « d'ingénierie concourante » qui constitue un véritable changement d'organisation et de culture [Martin 2002].

2. L'ingénierie séquentielle

2.1. DESCRIPTION

D'après [Syan et al. 1994], une entreprise développe, produit et met sur le marché un nouveau produit en suivant un processus strictement séquentiel. Ce processus séquentiel comporte, de manière schématique, cinq phases (figure 1-1). Il débute par une étude de marché dont le but est d'identifier la nécessité de produits nouveaux. Puis une liste de besoins, devant conduire à la satisfaction du client tout en surpassant les produits concurrents, est créée. Cette liste de besoins est ensuite communiquée au Bureau d'Études. Le Bureau

d'Études commence par développer des fonctions techniques devant couvrir les besoins du marché. Le travail effectué par les concepteurs et ingénieurs mène à la création de documents décrivant le produit final. Ces documents peuvent par exemple être des dessins ou des nomenclatures. Ces documents sont ensuite confiés au Bureau des Méthodes. Cette présentation schématique peut être étendue aux services vente, distribution, ...

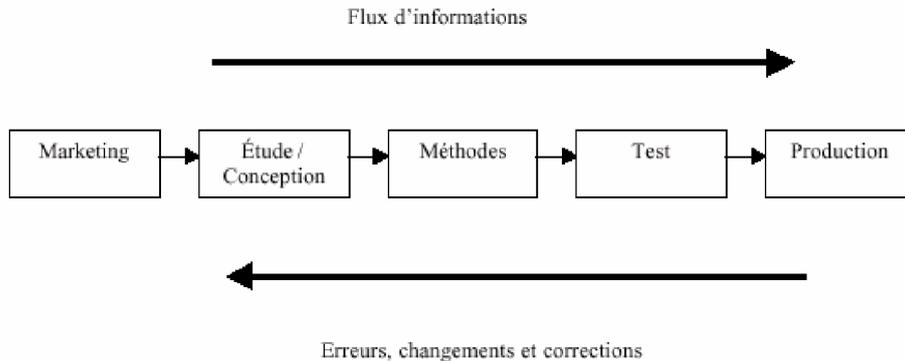


Figure 1-1. Processus schématique de l'ingénierie séquentielle [Fleming et al. 1998]

Chaque service ne commence sa partie du travail qu'à partir du moment où l'étape précédente a bien été validée. Ce processus est aussi connu sous le nom « over the wall engineering » (ingénierie « par-dessus le mur ») [Syan et al. 1994], [Ehrlenspiel, 1995]. Chacune des fonctions en ingénierie séquentielle reste entre ses murs et réalise son propre travail pour sa satisfaction personnelle, sans prendre en compte explicitement les besoins des autres départements [Fleming et al. 1998].

2.2. INCONVENIENTS

À la fin de la conception du produit, 75% des coûts sont d'ores et déjà engagés par les décisions prises. Mais en apparence, les dépenses ont toutes lieu lors de la phase de production (figure 1-2). En prenant en compte ce fait, il devient évident que c'est lors de la phase de conception que les coûts de production peuvent être réduits efficacement.

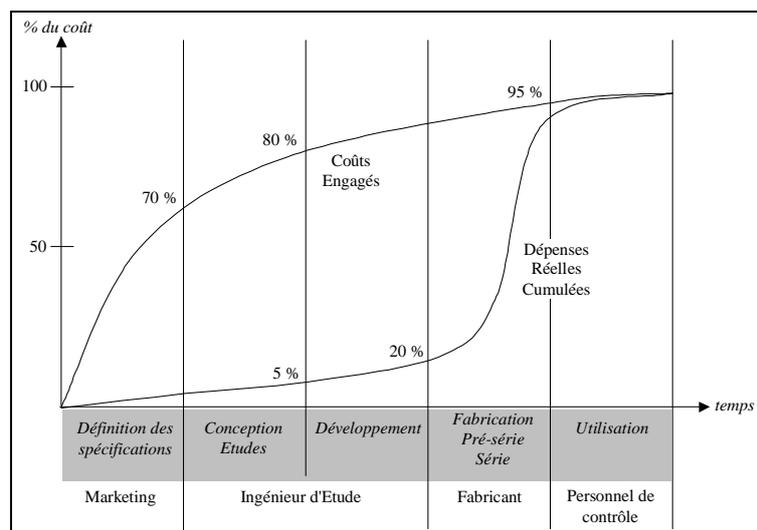


Figure 1-2. Coûts engagés par la conception et dépenses

- Elle mène à des spécifications insuffisantes du produit ce qui se traduit par un nombre de modifications excessives,
- Elle ne prend pas en compte l'impact de la conception du produit sur la production, la fabrication, la maintenance et la mise au rebut,

- Elle mène fréquemment à des changements tardifs du produit. Cela se répercute en des changements inattendus au niveau de la fabrication et autres équipements qui sont très coûteux,
- Elle mène fréquemment à un surcoût et à un dépassement de délais des projets, · elle mène fréquemment à un produit qui ne satisfait pas les attentes du client.

3. L'ingénierie concourante

En réaction aux problèmes posés par l'ingénierie séquentielle, une nouvelle façon de considérer l'ingénierie a vu le jour à la fin des années 80, Il s'agit de l'ingénierie concourante. Mais si l'ingénierie concourante permet de résoudre certains problèmes de l'ingénierie séquentielle, elle en crée également de nouveaux.

3.1. CONTEXTE D'APPARITION

La mondialisation économique en cours depuis les années 90 est motivée, dans la majorité des cas, par des raisons stratégiques. Il s'agit de sortir des marchés saturés pour conquérir des marchés en croissance, mais aussi de se rapprocher physiquement des zones de consommation pour limiter des risques de protectionnisme dans certains pays et diminuer les coûts de transport. Cette extension mondiale des entreprises provoque une concurrence où se cumulent désormais les facteurs de prix et les facteurs de différenciation (qualité, innovation, diversité). Ce contexte de compétition accrue fait peser sur les entreprises une forte pression qui est la cause d'un changement d'organisation pour passer d'une organisation séquentielle de la conception vers une forme d'organisation plus adaptée à ce contexte.

Le rythme accéléré de l'innovation technologique raccourcit les cycles de vie des produits et la vitesse devient un élément primordial de la concurrence économique. Pour pouvoir rester concurrentiel, il faut donc mettre sur le marché, le plus tôt possible, un produit qui soit en partie innovant. La rapidité de mise sur le marché ne doit cependant pas se faire au détriment du prix et de la qualité qui restent des critères de sélection décisifs pour un acheteur.

En résumé, trois des facteurs dont dépend la prospérité d'une entreprise sont :

- Le coût,
- La différenciation (qualité),
- Le délai de mise sur le marché.

Dans ce contexte très concurrentiel, il s'avère qu'un processus de conception séquentiel atteint ses limites. Celui-ci n'est pas adapté à l'innovation. Pour atteindre la qualité requise d'un produit, les délais et les coûts initiaux sont souvent dépassés. Ce sont les résultats d'une enquête menée par le Département de la Défense aux États-Unis auprès de quinze projets liés à la défense à la fin des années 80 qui incitent à orienter le processus de rationalisation de la conception dans une direction moins statique. Ces quinze projets ont été retenus pour leurs résultats exceptionnels dans un contexte qui a priori ne s'y prêtait pas. Les méthodes originales utilisées lors de ces projets sont regroupées sous l'appellation « Concurrent Engineering » (ingénierie concourante).

L'objectif de cette méthode est de faire évoluer le processus de conception afin d'optimiser le triptyque coût, qualité et délai [Chedmail et al, 1997]:

- Raccourcir les délais en mettant les tâches en parallèle,
- Augmenter la qualité en intégrant toutes les contraintes liées au produit tout au long de son cycle de vie et au plus tôt dans le processus de conception,

- Diminuer le coût en faisant bien le plus vite possible, en évitant les rebouclages et en optimisant le produit globalement.

3.2. QU'EST-CE QUE L'INGENIERIE CONCOURANTE ?

Le Département de la Défense des États-Unis donne en Juin 1988 la définition suivante dans une analyse des méthodes recensées publiée sous le nom « The role of concurrent engineering in Weapons System Acquisition » : « L'ingénierie concourante consiste à concevoir de façon systématique, intégrée et simultanée les produits et les processus qui leur sont rattachés (notamment de production et supports attachés à la production). Cette méthode a pour finalité d'amener les concepteurs à considérer tous les éléments du cycle de vie du projet, de la conception à la mise à disposition des usagers, y compris la qualité, les coûts, la programmation et la satisfaction des besoins et requêtes des usagers » [SOCE 2000], [Syam et al. 1994], [Schrijver, 1994], [De Graaf, 1996] et [Bossard et al. 1997].

Cette définition introduit les notions de simultanéité et d'intégration dans une organisation précédemment séquentielle. Elle implique donc la formation d'une équipe projet pluridisciplinaire dont certains membres suivront la conception tout au long de son déroulement, contrairement au processus séquentiel.

3.3. L'INGENIERIE CONCOURANTE ; UN FACTEUR DE COMPETITIVITE POUR L'ENTREPRISE

La chaîne de développement d'un produit passe par la réalisation d'une séquence d'activité, liées les unes aux autres et enchaînées logiquement dans un ordre préétabli. Cette logique tend à disparaître et laisse progressivement place à une démarche d'" ingénierie concourante " qui consiste à mettre en parallèle les tâches pour une confrontation au plus tôt des objectifs et des attentes de chacun des acteurs intervenant dans le cycle d'un produit. Les principes essentiels à l'intégration efficace d'une " ingénierie concourante " active sont principalement :

- La mise en place d'une chaîne d'informations continue ne présentant pas de rupture du format de l'information entre ses maillons représentés par les différents services de l'entreprise ;
- La possibilité d'explorer des solutions alternatives quant à la conception et la réalisation des produits ;
- Le travail en parallèle et coordonné de différents métiers structurés autour du cahier des charges du produit, de son modèle et de son processus d'obtention.

L'unique objectif de cette démarche est la validation, dès les premières phases de développement du produit, des paramètres intervenant dans sa définition, sa réalisation et son exploitation. Cette validation sera d'autant plus facile que l'on pourra disposer de maquettes physiques, du produit et des outillages nécessaires à sa réalisation.

III. DEMARCHE DE CONCEPTION DE PRODUITS

1. Activité de conception de produits : état de l'art

L'activité de conception est une étape déterminante et décisive dans le cycle de vie d'un produit. Elle en constitue la phase initiale, durant laquelle toutes les spécifications du produit vont être définies de façon à satisfaire toutes les fonctionnalités et les performances exprimées dans le cahier des charges. Habituellement, la première étape du processus de conception d'un

produit consiste, à partir d'un cahier des charges, à générer un ensemble de solutions de conception qui paraissent a priori satisfaisantes. Cette étape est celle de la préconception. Ces solutions de préconception sont généralement caractérisées par des schémas de principe [Pahl & Beitz, 1996].

2. Activité et processus de conception

Fondamentalement, la conception est considérée comme une activité intellectuelle et cognitive très complexe [Dixon, 1988]. C'est une tâche généralement longue à l'issue de laquelle une solution concernant le produit s'avère rarement inédite. Le déroulement d'un processus de conception fait intervenir en permanence plusieurs processus de raisonnement qui utilisent plusieurs sources de connaissances [Brown, 1998].

Dans le domaine mécanique, l'activité de conception peut être définie comme un processus de création et de définition d'une ou plusieurs descriptions d'un produit. Ces descriptions sont identifiées en réponse à un ensemble de besoins et d'exigences et elles doivent en outre satisfaire un ensemble de contraintes. Les contraintes proviennent de plusieurs sources. Elles peuvent être imposées par le problème, par le concepteur, par le fabricant, par l'utilisateur ou par des lois. En effet, elles traduisent les fonctions que doit remplir le produit, les ressources disponibles, les limitations physiques, les contraintes de fabrication, les critères de conception, et enfin la manière de concevoir [Hadj-Hamou, 2002].

La tâche du concepteur consiste à transformer un besoin client, exprimé en termes de fonctions, en une description détaillée du produit. Cette description finale du produit est généralement représentée sous des formes graphiques, numériques ou simplement textuelles [Gero, 2001]. Elle doit être suffisamment complète, cohérente et explicite pour que les produits conçus soient techniquement réalisables, c'est-à-dire qu'ils puissent être ainsi fabriqués, assemblés et distribués.

[Chandrasekaran, 1990] propose une définition générale : "un problème de conception est spécifié par :

- Un ensemble de fonctions que doit remplir le produit et un ensemble de contraintes à satisfaire ;
- Un ensemble de composants prédéfinis et un ensemble de relations entre ces différents composants.

Les contraintes peuvent porter sur les paramètres de définition du produit, sur le processus de réalisation du produit ou sur le processus de conception. La solution d'un problème de conception est définie par une spécification complète d'un ensemble de composants et de leurs relations. Cette spécification permet de décrire le produit remplissant les fonctions et respectant les contraintes. Cette solution est calculée de manière à optimiser ou à satisfaire un ensemble de critères".

Par la définition précédente, nous soulignons le caractère générique de l'activité de conception, non spécifique à un domaine particulier. Mais, pour certaines situations de conception, cette définition trouve vite ses limites. En effet, initialement, les listes de fonctions, de composants et de contraintes ne sont pas complètes. Des fonctions, des composants ou des contraintes supplémentaires doivent être définis durant le processus de conception. Certaines fonctions, composants ou contraintes doivent être modifiés ou relâchés au fur et à mesure de l'avancement du processus de conception.

3. Les principales phases du processus de conception

Comme nous l'avons souligné plus haut, l'activité de conception est considérée comme un processus. Il peut se décrire comme une suite de phases fortement liées entre elles par des relations et contraintes diverses. Le client exprime souvent son besoin et ses exigences sous la forme d'un cahier des charges qui traduit les différentes fonctionnalités et performances que doit remplir le produit final. Le concepteur transforme progressivement ce besoin en un produit techniquement réalisable à travers un certain nombre de phases. Le déroulement de ces phases caractérise l'évolution dans le temps des différentes représentations du produit. Dans ce même sens, [Gero, 1989] définit l'activité de conception comme un processus permettant d'aboutir à une "forme" à partir d'une description sans forme.

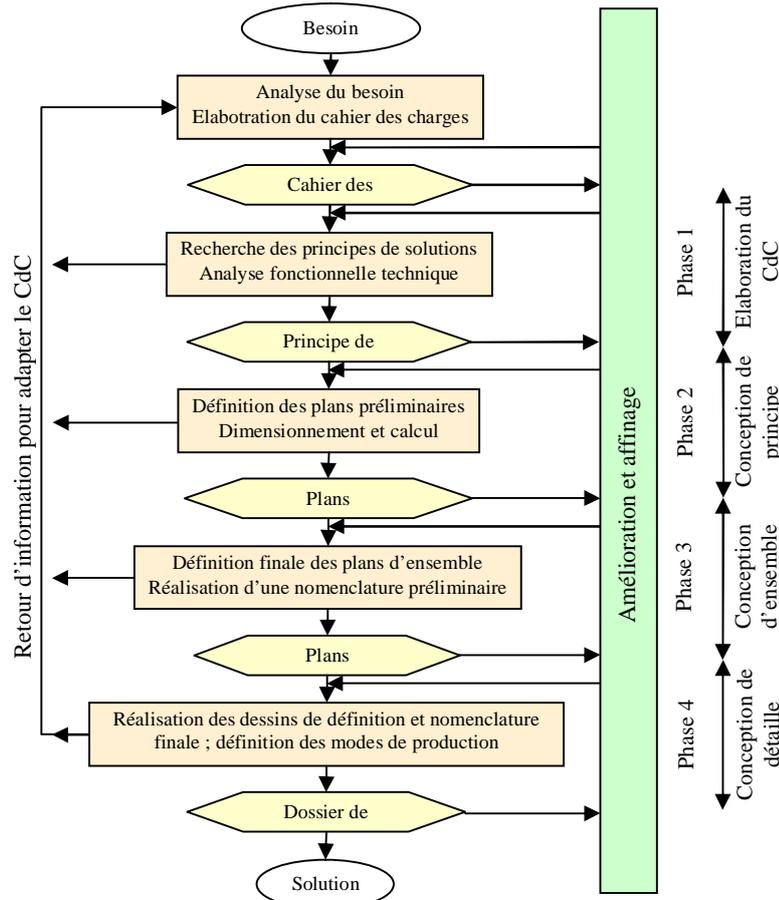


Figure 1-3. Phases du processus de conception

Beaucoup d'auteurs ont proposé des décompositions du processus de conception en plusieurs phases. Le nombre de phases et leurs descriptions diffèrent selon le type de produit, le niveau de spécification, les besoins, les connaissances disponibles ou encore selon les domaines de conception. [Pahl & Beitz, 1996] proposent un ensemble exhaustif de tâches génériques de conception. Cet ensemble est décomposé en quatre phases, communément adoptées par l'ensemble des communautés scientifique et industrielle (Figure 1-3) :

- Elaboration du cahier des charges (planning and clarifying the task),
- Formalisation et spécification des principes (conceptual design),
- Conception d'ensemble (embodiment design),
- Conception détaillée (detail design).

Les aspects itératifs et dynamiques du processus de conception montrent que le déroulement des différentes phases n'est pas totalement séquentiel [Pahl & Beitz, 1996] [Brown, 1998]. La conception est une activité fortement itérative. Par exemple, pendant une phase avancée du processus de conception, une simple modification du besoin client peut remettre en cause certains choix et calculs déjà validés pendant la phase de spécification des principes.

3.1. ELABORATION DU CAHIER DE CHARGES

La phase d'élaboration du cahier de charges représente la phase initiale du processus de développement d'un produit. Durant cette phase, dite aussi phase fonctionnelle [Dixon et al., 1988], la tâche du concepteur consiste d'une part, à récolter et analyser les besoins des clients ou du marché et d'une autre part, à identifier les capacités de l'entreprise pour y répondre à travers une proposition produit. Le résultat final de cette phase est une spécification initiale du produit exprimée sous forme d'une liste de fonctions et de caractéristiques que doit remplir le produit, un ensemble de contraintes et éventuellement des objectifs coût et délai de mise sur le marché. Cette phase correspond aux deux phases "identification du besoin" et "génération des spécifications" proposées par [Chandrasekaran, 1990] dans le cadre d'un processus de re-conception.

3.2. SPECIFICATION DES PRINCIPES

Cette étape permet d'affiner et de corriger le contenu de la première phase, ce qui correspond à structurer, hiérarchiser et caractériser les différents besoins fonctionnels exprimés. Durant cette phase conceptuelle, le concepteur va rechercher et évaluer des principes physiques envisageables et des pistes de solutions qui correspondent aux besoins fonctionnels identifiés auparavant. Ces principes de solutions correspondent, le plus souvent, à un ensemble de fonctions techniques ou à des schémas et concepts techniques.

C'est au terme de cette phase que naissent les premières représentations graphiques et maquettes du produit. Durant cette phase, le concepteur peut être amené à proposer et développer sa propre solution soit quand elle n'existe pas, soit pour des raisons d'innovation.

Dans le cas de processus de re-conception, cette phase correspond à la phase "génération des concepts" proposée par [Chandrasekaran, 1990].

3.3. CONCEPTION D'ENSEMBLE

Durant cette phase, les concepts associés au produit sont développés par la définition de la description technique complète et la structure finale du produit. Le concepteur élabore la structure physique du produit par le choix, le dimensionnement et l'agencement d'un ensemble de composants. La solution concernant le produit se raffine concrètement par des représentations et des vues géométriques d'ensemble de plus en plus évoluées, par une nomenclature de composants et par une évaluation des coûts [Hadj-Hamou et al. 2001].

Les concepteurs évaluent souvent plusieurs solutions possibles de structure et d'agencement (architectures) parmi lesquelles sera choisie la plus satisfaisante, suivant des critères économiques et techniques. Enfin, cette variante fera l'objet d'une conception détaillée. Cette phase est équivalente aux phases "analyse" et "évaluation" des solutions de re-conception de produits décrites par [Chandrasekaran, 1990].

3.4. CONCEPTION DETAILLEE

Elle représente la phase finale du processus de conception. Le concepteur définit complètement et en détail chaque composant sélectionné et validé en spécifiant ses

dimensions, ses caractéristiques physiques (matériaux), ses schémas et ses plans détaillés, son coût et une description de son processus d'industrialisation (fabrication, assemblage, distribution). Au terme de cette phase, le produit est entièrement décrit de telle sorte que les informations générées puissent être exploitées par tous les acteurs. Sa définition finale comprend toutes les informations relatives au produit (schémas d'ensemble, plans des composants et pièces, nomenclature détaillée, agencement des composants et évaluation économique) et celles qui décrivent ses modes d'industrialisation (technologie de fabrication, gammes et outils). [Chandrasekaran, 1990] propose également la conception détaillée comme phase finale du processus.

Au terme de tout processus de conception, il est souvent question d'une phase de vérification et validation des résultats. Elle permet en effet de vérifier si le produit répond bien aux spécifications du cahier de charges. Cette phase se traduit souvent par la réalisation d'un prototype physique [Gero, 2001]. Il est utilisé pour valider la solution avec le client et éventuellement réaliser certains essais. Néanmoins, cette pratique tend à disparaître du fait des coûts et des délais qu'elle engendre. Avec le développement de la Conception Assistée par Ordinateur (CAO) et de la simulation numérique, le maquetage physique est remplacé par le maquetage numérique.

4. Classification des types de conception

Une classification retenue par beaucoup d'auteurs et générique à la plupart des domaines d'application de la conception fait ressortir deux grandes classes :

- La conception prédéfinie (routinière) et la re-conception.
- La conception nouvelle se décompose en deux grandes sous-classes :
 - la conception innovante ;
 - la conception créative.

Cette typologie est adoptée par beaucoup d'auteurs parce qu'elle met en avant le degré de complétude de la connaissance relative au produit et au processus de conception. La Figure 1-4 montre ces types de conception avec les types de produits associés.

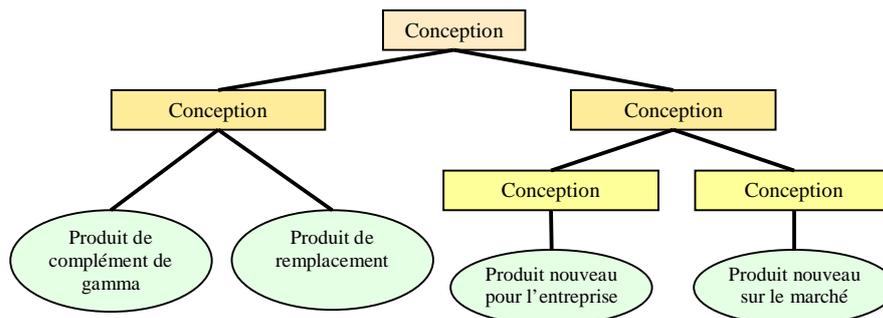


Figure 1-4. Types de conception et nature de produits

4.1. CONCEPTION ROUTINIÈRE

Toutes les connaissances à mettre en œuvre sont totalement disponibles et identifiées. De plus, les stratégies de conception sont globalement connues à l'avance par le concepteur. Dans ce cas, le rôle du concepteur consiste à justifier ses choix, à retenir ou non telle ou telle solution, et dans d'autres cas, à améliorer ou à modifier des solutions antérieures qui vérifient un ensemble de contraintes prédéfinies.

La conception routinière ne permet qu'une instanciation ou modification des valeurs des paramètres qui caractérisent le produit. La conception routinière représente environ 80 % des activités de conception mécanique [Vargas, 1995] [Sellini, 1999].

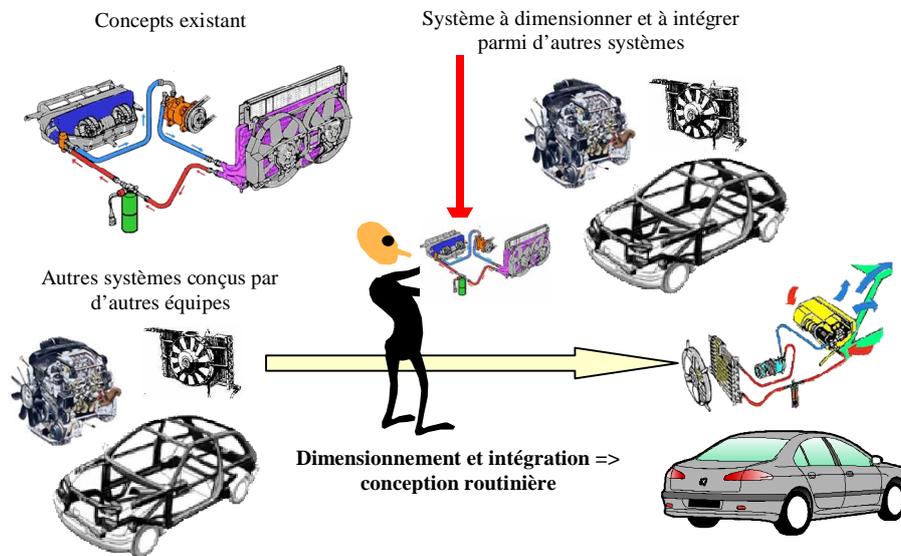


Figure 1-5. Conception routinière ; dimensionnement et intégration d'un système parmi autres existants

Dans ce cadre, bien que le concepteur connaisse l'espace des solutions potentielles (les caractéristiques et les attributs à instancier sont connus à l'avance), la recherche d'une solution spécifique peut s'avérer complexe et coûteuse du fait de la taille de l'espace des solutions ou du fait de la difficulté de mesurer les conséquences d'un choix ou d'une modification. La figure 1-5 schématise le dimensionnement et l'intégration d'un système de climatisation dans une voiture en respectant les contraintes issues des systèmes environnants [Zouari et al. 2002].

4.2. LA RE-CONCEPTION

La re-conception, elle aussi, réutilise les idées des concepts déjà établis mais en modifiant leur structure et géométrie (soit le modèle produit) pour satisfaire un nouveau cahier des charges ou de nouvelles contraintes. Il s'agit, ici, de modifier un produit existant en choisissant de nouvelles alternatives de conception. Il ne s'agit pas d'innovation en tant que telle, il s'agit davantage de modifications mineures sur le produit comme par exemple la modification d'un rayon de raccordement... la figure 1-6 montre le processus de Modification d'un artefact pour satisfaire des nouvelles spécifications.

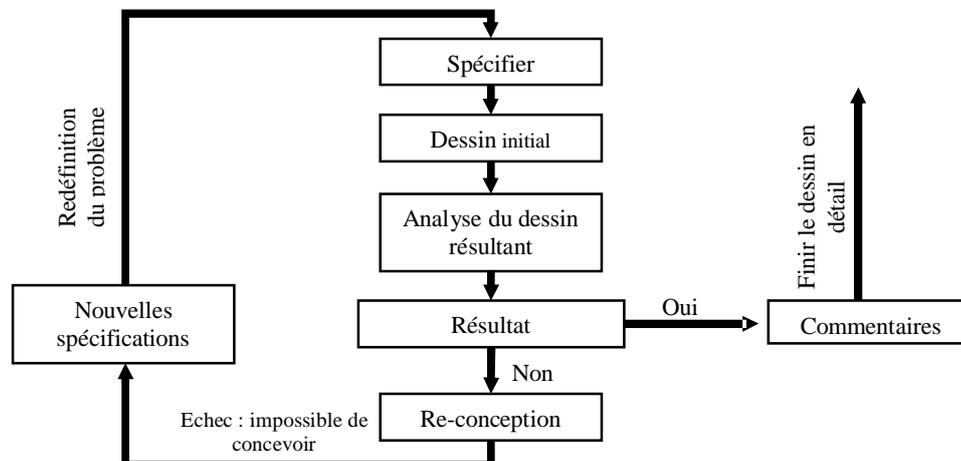


Figure 1-6. La re-conception ; Modifier un artefact pour satisfaire des nouvelles spécifications

4.3. CONCEPTION INNOVANTE

La conception innovante porte sur un produit connu. L'expression du besoin, les technologies à utiliser sont souvent connues à l'avance et sont clairement définies mais les stratégies de conception restent à identifier. La connaissance d'une innovation sur un produit correspond généralement à un besoin non encore satisfait exprimé par des clients. Elle représente la première source de connaissance pour la conception routinière.

L'innovation est un processus visant à introduire quelque chose de nouveau dans un système établi. Elle « n'est pas une action isolée mais un processus complet relié à d'autres sous processus. Ce n'est pas seulement la création d'une idée, ce n'est pas la conception d'un nouveau produit, ce n'est pas non plus le développement d'un nouveau marché ; le processus d'innovation est l'intégration simultanée de tous ces éléments ». Suivant la nature de l'innovation, on peut la différencier en trois types, on parle alors d'Innovation Produit, d'Innovation Organisationnelle ou d'Innovation Procédé. L'innovation Produit concerne la conception, le développement, la commercialisation d'un nouveau produit, elle est liée soit au concept, soit à la technologie, soit à la présentation. L'innovation se différencie aussi par son degré d'innovation, de manière décroissante suivant l'importance de l'innovation on la qualifiera de rupture, de synthèse, architecturale, incrémentale. On parlera donc d'innovation incrémentale si l'on effectue une amélioration mineure c'est à dire une optimisation du produit.

Durant un projet d'innovation, le concepteur possède plus d'autonomie d'intervention et un espace de recherche de solutions plus large que la conception prédéfinie. Mais pour explorer cet espace, les concepteurs s'engagent dans une activité importante de recherche et de développement avec tous les risques que cela suppose. La figure 1-7 schématise l'idée menant à l'innovation technologique qui a permis l'apparition des téléphones cellulaires.

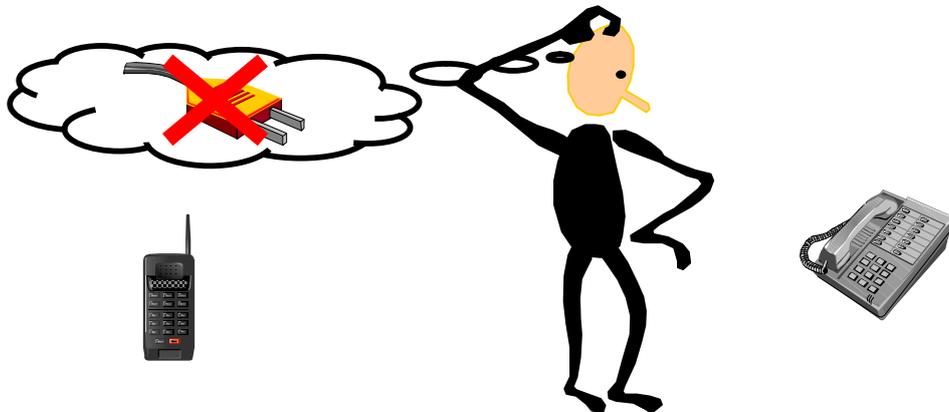


Figure 1-7. La conception innovante ; Définir de nouvelles solutions alternatives pour les sous problèmes

4.4. CONCEPTION CREATIVE.

La conception créative porte sur un produit inconnu. Elle intervient quand il n'existe aucune solution produit a priori et que toutes les connaissances relatives au produit et au processus de conception sont à spécifier (figure 1-8). Le concepteur prend en charge également la réalisation du cahier des charges. Il intervient dans la définition des nouvelles fonctions et des nouveaux paramètres du nouveau produit. Les projets de conception créative favorisent l'émergence de nouvelles idées et de nouvelles technologies. Par conséquent, la création de nouveaux produits nécessite beaucoup d'intuition et d'imagination. Néanmoins, l'espace de recherche des solutions n'est pas très contraint.

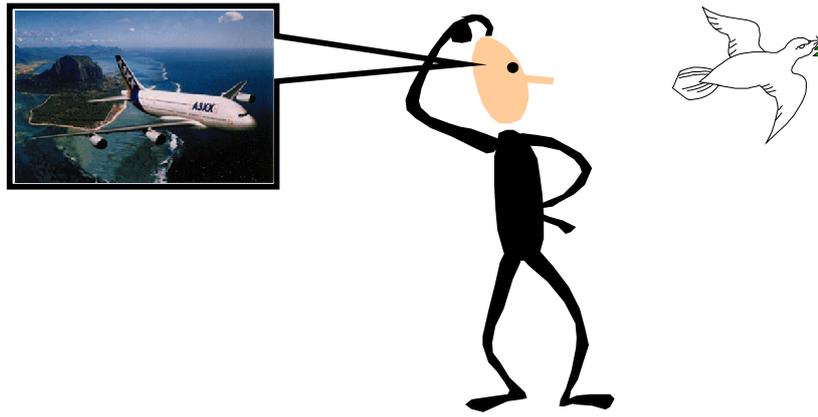


Figure 1-8. La conception créative ; Gérer entièrement un nouvel artefact à partir d'un objectif

IV. LE CARACTERE MULTI ACTEURS DE LA CONCEPTION ROUTINIÈRE

1. L'ingénierie concourante et ses impacts sur la conception routinière

L'ingénierie concourante permet de réduire les temps de mise sur le marché du produit et de valider, au plus tôt, sa faisabilité. Tous les acteurs responsables d'une étape du cycle de vie du produit interviennent alors dès la conception.

Les étapes du cycle de vie aval à la conception imposent des fonctions (fonctions contraintes) au produit. Le concepteur devra se préoccuper de la faisabilité de ces fonctions avec les exigences requises associées qui sont issues du référentiel propre aux acteurs responsables de l'accomplissement de ces fonctions contraintes. Par exemple l'acteur responsable du recyclage devra veiller à ce que le produit respecte les normes relatives à l'écologie et les préconisations d'économie sur les matériaux faites par l'entreprise. Cet acteur devra donner au concepteur ses contraintes afin que ce dernier les prenne en compte dans son propre référentiel qui est celui de la réalisation des fonctions de service du produit.

L'objectif étant donc, pour le concepteur, de prendre en compte les contraintes au plus tôt dans la conception et d'éviter les retours en arrière coûteux. Les modifications à faire en conception sont d'autant plus coûteuses que l'on s'aperçoit des erreurs de conception loin en aval de la conception. Le pire étant quand le client final s'aperçoit du problème et que les concepteurs doivent retoucher le produit déjà vendus.

2. La conception distribuée

La conception d'un système complexe est distribuée à un ensemble d'acteurs qui doivent coopérer pour réaliser le système complet. Chaque acteur conçoit un sous système. Les acteurs doivent à un moment donné collaborer et prendre en compte l'environnement au niveau aussi bien physique, géométrique que fonctionnel (notion d'interface). Un besoin client se traduira par une exigence sur le système complet et par des exigences induites sur les sous systèmes.

Chaque acteur ou équipe peut être responsable d'un sous-système et concevra celui-ci en même temps que les autres feront les leurs. Ces acteurs considéreront chacun leur sous système et devront s'assurer que celui-ci contribue à la réalisation de la fonction de service du système complet et vérifieront que celui-ci respecte les contraintes relatives aux fonctions sur tout le cycle de vie aval à la conception. Les différents acteurs doivent donc coopérer pour

mettre en commun leur avancement afin que chacun puisse prendre en compte au plus tôt les contraintes des autres sous systèmes (sous systèmes associés et sous systèmes environnants).

Il se peut également que les fonctions du système soient distribuées. C'est à dire que des acteurs différents s'occupent de fonctions différentes du système. Dans ce cas, ces acteurs sont amenés à coopérer pour trouver des solutions qui peuvent impacter leurs fonctions respectives.

3. La conception produit – process

La concourance la plus forte est celle relative à la conception du produit et du processus. L'activité de conception est de plus en plus recouverte par les autres phases de développement de produit, notamment la phase de conception du processus. En effet, de plus en plus, dans les organisations, le processus et le produit sont conçus simultanément. L'homme processus fait tout pour que les délais de fabrication soient courts et que les moyens utilisés, pour la construction du produit, soient peu coûteux. L'homme produit conçoit le produit le plus fiable et le plus performant possible. L'intérêt de concevoir le produit et son processus de fabrication et de montage en même temps est de les optimiser et de tenir compte des contraintes de chaque côté puis de réduire les temps de développement en imbriquant les deux phases.

Par exemple l'acteur responsable du montage devra veiller à ce que le produit reste montable au fur et à mesure que la conception avance. Cet acteur devra donner au concepteur ses contraintes afin que ce dernier les prenne en compte dans son propre référentiel qui est celui de la conception des fonctions de service du produit.

4. La co-conception

Il est également de plus en plus fréquent que les entreprises collaborent avec d'autres pour assurer une complémentarité des compétences et un partage des investissements nécessaires ainsi que des risques. Ainsi PSA Peugeot, par exemple, conçoit les nouveaux moteurs HDI 1.4 litre avec FORD et des boîtes de vitesse automatiques avec RENAULT [Chambolle, 1999]. Dans ce genre d'échanges d'informations, le partenaire est considéré comme partie intégrante de l'entreprise et peut donc accéder à l'information relative au projet de coopération en cours.

5. La conception intégrée

En conception intégrée [Tichkiewitch et al. 1995], à chaque étape de la conception, le concepteur essaie de prendre en compte les situations de vie futures du produit afin de tenir compte dès le départ des contraintes qui interviendront plus tard (contraintes de montage, contraintes d'encombrement, contraintes de recyclage...). Il ne s'agit pas ici d'échange synchrone entre acteurs mais il subsiste dans cette conception des échanges d'informations et de connaissances préalables. Ce type de conception est similaire à la conception concourante sauf qu'ici le concepteur dispose des connaissances des autres acteurs et peut lui-même prendre les décisions correspondantes aux contraintes des autres acteurs.

V. L'INGENIERIE CONCOURANTE DANS L'ENTREPRISE ÉTENDUE

1. Contexte

Les changements économiques en cours depuis le début des années 90 imposent aux entreprises de nouvelles contraintes. Les entreprises doivent mettre sur le marché de plus en plus rapidement des produits. Comme nous l'avons déjà vu, une réponse à ces nouveaux problèmes peut être la mise en place d'un nouveau paradigme de conception tel que l'ingénierie concourante. Cependant, pour répondre à toutes les contraintes, les entreprises ne peuvent plus se contenter d'une réorganisation en interne, elles doivent également redéfinir leurs relations extérieures.

Avec la mondialisation économique, l'heure est à l'ouverture et à la collaboration. Entre les entreprises se crée un réseau de relations plus étroites avec des partenaires, mais aussi leurs fournisseurs et sous-traitants. Les relations entre toutes ces entreprises sont organisées autour de la réalisation commune d'un produit ou d'un projet. Tout se passe comme si toutes ces entreprises ne formaient qu'un service d'une entreprise plus vaste. Les limites de l'entreprise sont de plus en plus vastes. C'est de là que vient le terme « entreprise étendue ». On voit parfois apparaître le terme « d'entreprise virtuelle ». Il s'agit du même type d'organisation que celui décrit précédemment mais plus éphémère puisqu'une entreprise virtuelle ne réunit les partenaires que le temps d'un projet puis se désagrège à la fin de celui-ci. Dans cette association passagère la collaboration est donc moins poussée que dans l'entreprise étendue. Cette formation d'un réseau d'entreprises change la façon de penser, les entreprises en faisant partie ne sont alors plus concurrentes mais « concourantes » [Martin et al. 2000].

L'application de l'ingénierie concourante dans un contexte d'entreprise étendue est compliquée par le fait que tous les participants à la conception ne se trouvent pas au même endroit. Si on se réfère à la définition que nous en avons donnée, l'ingénierie concourante nécessite en effet une collaboration accrue entre ces acteurs. Le principal problème causé par l'introduction de l'ingénierie concourante dans une structure d'entreprise étendue concerne donc la possibilité de pouvoir collaborer avec tous les acteurs intervenants au long du cycle de vie du produit.

2. L'ingénierie concourante facteur de compétitivité

La chaîne de développement d'un produit passe par la réalisation d'une séquence d'activité, liées les unes aux autres et enchaînées logiquement dans un ordre préétabli. Cette logique tend à disparaître et laisse progressivement place à une démarche d'"ingénierie concourante" qui consiste à mettre en parallèle les tâches pour une confrontation au plus tôt des objectifs et des attentes de chacun des acteurs intervenant dans le cycle d'un produit (figure 1-9). Les principes essentiels à l'intégration efficace d'une " ingénierie concourante " active sont principalement :

- La mise en place d'une chaîne d'informations continue ne présentant pas de rupture du format de l'information entre ses maillons représentés par les différents services de l'entreprise ;
- La possibilité d'explorer des solutions alternatives quant à la conception et la réalisation des produits ;
- Le travail en parallèle et coordonné de différents métiers structurés autour du cahier des charges du produit, de son modèle et de son processus d'obtention. L'unique objectif de cette démarche est la validation, dès les premières phases

de développement du produit, des paramètres intervenant dans sa définition, sa réalisation et son exploitation.

Cette validation sera d'autant plus facile que l'on pourra disposer de maquettes physiques, du produit et des outillages nécessaires à sa réalisation.

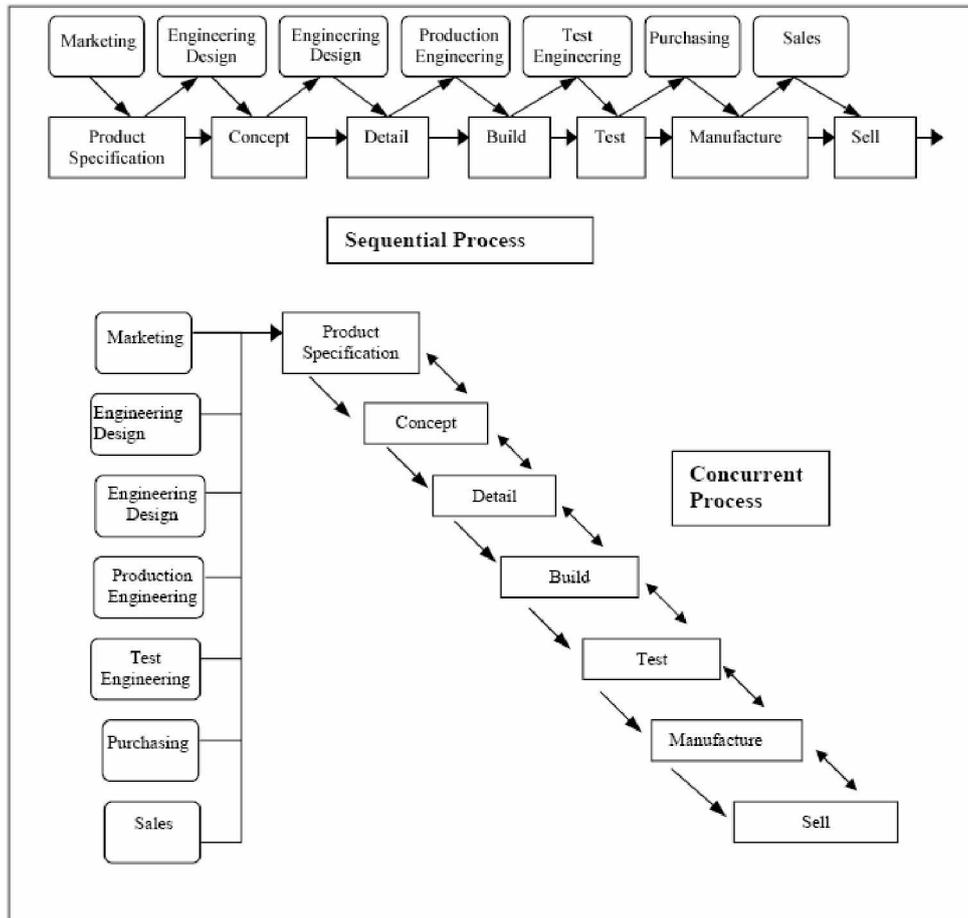


Figure 1-9. Développement séquentiel et concurrent d'un nouveau produit, [Brookes et al. 1996]

3. Les besoins informationnels de la conception collaborative à distance

Comme nous venons de le voir, l'introduction des méthodes d'ingénierie concurrente dans une structure d'entreprise étendue nécessite la mise en place de moyens pour résoudre le problème de la collaboration malgré la distance séparant les acteurs de la conception.

Il est essentiel de définir notre cadre de recherche et donc ce que nous entendons par « collaboration à distance ». Cela représente le fait pour plusieurs personnes (2 ou plus) ne se trouvant pas au même endroit, de pouvoir travailler ensemble sur un même projet en utilisant des supports variés (schémas, textes...). Un travail en collaboration demande d'une part une composante communication entre tous les participants, et d'autre part une composante interaction qui permette de manipuler un même document à distance [Garro et al. 2001]. Il existe plusieurs niveaux de collaboration. Les personnes peuvent par exemple visualiser un même document et en discuter, sans pouvoir le modifier, mais cela permet tout de même un travail commun. À un niveau de collaboration plus élevé, elles peuvent construire ou modifier réellement ensemble le contenu du document. Le niveau de collaboration est donc défini en partie par les possibilités d'interaction des participants entre eux et avec les objets sur lesquels ils travaillent.

4. L'échange d'informations en conception mécanique

La conception mécanique a la particularité de faire intervenir une grande diversité de supports pour communiquer les informations d'un métier à un autre, horizontalement, ou pour passer d'une phase à une autre, verticalement. Ainsi, les documents nécessaires à la conception peuvent être des textes, des nomenclatures, des catalogues, des photos, des schémas, des plans 2D, des modèles 3D, des maquettes...

Les représentations graphiques évoluées et parfois complexes sont indispensables en conception mécanique. Mais ces représentations, et notamment les modèles CAO 3D, posent cependant de gros problèmes pour la collaboration :

- Il existe d'une part une grande quantité de logiciels CAO, les méthodes de stockage des informations liées aux formes géométriques sont différentes selon le logiciel. De plus, sur un même logiciel, la construction d'un modèle suivra une logique différente d'un utilisateur à un autre. Tout cela fait qu'il est très difficile d'échanger des modèles CAO d'une entreprise à une autre.
- Il existe des standards d'échange pour faciliter le passage d'un modèle d'un format à un autre, mais ils ne sont pas encore au point et demandent du temps lors de leur utilisation pour rectifier les erreurs de traduction.
- Les informations graphiques numériques demandent une grande quantité de place, ce qui dans le cas de la collaboration synchrone à distance est un handicap, comme nous le verrons par la suite.

VI. INTEGRATION DES TIC DANS UN CONTEXTE D'INGENIERIE CONCOURANTE

Le changement d'organisation vers une entreprise étendue et des méthodes d'ingénierie concourante nécessite le support des outils TIC (Technologies de l'Information et de la Communication), L'implantation des TIC dans l'entreprise peut être expliquée par la concomitance de circonstances technologiques, sociales et économiques :

- Des infrastructures réseaux sont disponibles depuis le milieu des années 90,
- L'amélioration des performances, accompagnée d'une diminution des prix, aussi bien du hardware que du software a pu démocratiser l'utilisation de ces technologies,
- Le contexte économique contraint les ingénieurs à une meilleure productivité,
- Le travail de promotion et de publicité des éditeurs de logiciels de collaboration a permis de faire connaître ces outils auprès des entreprises qui en ont besoin,
- La complexité des procédures de qualité mises en place dans les entreprises est gérée par des équipes utilisant l'informatique,
- Le développement des TIC dans les grandes entreprises oblige les sous-traitants et fournisseurs à s'adapter eux aussi à ces nouvelles méthodes de travail.

1. État des outils informationnels dans l'entreprise

Dans [Esnault, 1996], l'auteur explique que les principes d'organisation sur lesquels se base une entreprise dépendent des possibilités technologiques du moment. Mais réciproquement, les développements technologiques sont influencés par les orientations organisationnelles retenues par les entreprises. Un rapide historique des outils informatiques

présents dans les entreprises mis en parallèle avec les organisations pratiquées explique en quoi le fait de passer d'une organisation séquentielle à une organisation concurrente génère un bouleversement au niveau des structures et des savoirs informatiques de l'entreprise.

L'apparition de l'ordinateur personnel (PC) permet aux entreprises dans les années 80 de développer leur parc d'ordinateurs. Chaque service a des logiciels spécifiques métiers à sa disposition. Se développent également des SGGT (Système de Gestion de Données Techniques) et ERP (Entreprise Ressource Planning) qui permettent de stocker des données concernant les produits et les processus. Mais la communication ne s'établit pas automatiquement d'un service à l'autre car chaque application métier a ses propres standards et le stockage des données a du mal à prendre en compte tous les points de vue métier.

La maturation des technologies, permettant l'avènement des TIC et de la collaboration dans une entreprise informatisée, est très liée à l'histoire d'Internet. En 1969 naît le réseau ARPANET qui se développe pour devenir le réseau Internet, réseau reliant tous les réseaux ou réseau des réseaux, qui se popularise au début des années 1990 [Muller 2001]. Vers 1995, l'utilisation universelle du protocole de communication IP (Internet Protocol), standard du transport d'information aussi bien sur l'Internet que sur les réseaux locaux, dirige doucement le monde vers ce que Marshall McLuhan appelle le « village global ». L'espace et le temps n'offrent plus les mêmes obstacles à la collaboration. C'est l'ère des systèmes informatiques coopératifs. À l'intérieur des entreprises, les réseaux locaux se développent et sont eux-mêmes reliés en réseau avec d'autres réseaux.

L'échange d'informations devient moins problématique. Cette évolution technologique a également ouvert de nouvelles possibilités stratégiques pour les entreprises qui peuvent désormais s'appuyer sur des outils pour collaborer avec leurs partenaires.

Cette volonté d'établir un réseau de communication transparent pour l'utilisateur s'accompagne également d'une prise de conscience du fait que, pour pouvoir collaborer tous ensemble, l'intégration des points de vue des différents métiers dans un même environnement est indispensable. Il faut donc non seulement établir des liens entre les services de l'entreprise, mais en plus que les données qui circulent puissent être exploitées et comprises correctement par tous. L'investissement en systèmes d'information et de communication seul est donc insuffisant, il faut en plus prendre en considération les outils de conception et de calcul.

2. Les problèmes soulevés

Trois points critiques sont particulièrement abordés dans ce paragraphe :

- Le facteur humain,
- La sécurité,
- L'adaptation à la conception mécanique.

2.1. LE FACTEUR HUMAIN

L'adoption des TIC a provoqué un changement radical dans les façons de travailler. Tout changement d'état engendre toujours une certaine inertie. Parmi les raisons de cette inertie, on en identifie six qui résistent à l'installation des TIC dans les entreprises [Martin, 2002]:

- Le manque de formation vis à vis de l'informatique,
- La méconnaissance de ce que ces technologies peuvent apporter par rapport à ce que les industriels en attendent,

- L'installation d'outils informatiques nécessite un investissement dont l'amortissement n'apparaît pas toujours très clairement,
- Les réseaux de ventes et d'installation de logiciels de collaboration sont nouveaux et pas encore bien rodés,
- Les organisations sont d'autant plus réticentes au changement que leur taille est grande,
- Les standards d'échange de données numériques sont encore peu nombreux et cela rend plus difficile et plus lent l'implantation de ces nouvelles technologies.

2.2. LA SECURITE

À partir du moment où une entreprise décide de s'ouvrir sur le monde et d'échanger des informations hors de son enceinte, elle s'expose à des problèmes de sécurité. Le portail Internet permet d'accéder à l'extérieur du réseau local, mais la sécurité n'est dès lors que très relative. L'entreprise peut être victime de pirates informatiques qui peuvent s'infiltrer par les accès ouverts sur l'extérieur. Il y a aussi le risque d'être victime d'espions qui viennent intercepter les données échangées entre deux entreprises distantes. Il reste encore le risque d'importer accidentellement un virus informatique à l'intérieur de l'entreprise. Ces virus se répandent de façon insidieuse et, si certains sont inoffensifs, d'autres peuvent provoquer des dommages irréparables.

Il existe des parades à ces problèmes. Il est possible de constituer un réseau privé entre plusieurs entreprises (WAN) en utilisant le réseau de communication public et en procédant à certaines opérations de cryptage qui rendent les échanges sécurisés. On parle alors d'extranet, qui est un prolongement de l'intranet et qui étend les capacités d'échanges d'information à l'extérieur de l'entreprise [Martin 2002]. Actuellement, la tendance est d'utiliser Internet pour les communications en général et les lignes privées (extranet) sont réservées pour les informations vraiment sensibles.

Les virus se répandent en général via les messageries électroniques, sous forme de fichiers exécutables joints aux messages. Ce fléau peut être limité par l'utilisation de logiciels antivirus appropriés. Une solution plus sûre peut-être simplement une politique d'entreprise en terme d'informatique qui interdit la réception de messages électroniques comportant des fichiers exécutables par filtrage et destruction de ces derniers.

Le problème d'intrusion de pirates dans l'entreprise peut également être limité par une politique informatique qui limite le nombre d'ouvertures sur l'extérieur. Mais un nombre d'ouvertures trop restreint peut également limiter l'utilisation de certains logiciels de collaboration (la vidéoconférence, le tableau blanc...).

Il faut cependant savoir que si ces précautions limitent les risques, la sécurité totale ne peut pas être assurée à moins de fermer totalement le réseau interne de l'entreprise. Ces problèmes de sécurité ne sont pas l'objet de notre recherche, il faut néanmoins être conscient de leur existence.

2.3. ADAPTATION A LA CONCEPTION MECANIQUE

L'utilisation des outils TIC pour un usage spécifique en conception mécanique à distance n'est pas encore très développée. Ils facilitent la communication et la prise de conscience de l'avancement de celui-ci par les différents acteurs impliqués dans un projet. En revanche, quelques essais ont été menés notamment MULTI centre d'intérêt de notre recherche.

VII. BILAN DU CHAPITRE 1

Les démarches de conception ont notamment évolué dans l'histoire et particulièrement au cours du XXe siècle. Cette activité a passé d'un aspect artisanal à un aspect collaboratif en passant par la conception séquentielle relevant plusieurs problèmes de lenteur et de prix important.

Aujourd'hui l'activité de conception est d'autant plus complexe que de nombreux acteurs et organisations y interviennent. Les acteurs concourent (échanges de contraintes physiques ou fonctionnelles, tâches réalisées par des acteurs différents...) au développement physique du produit, à son fonctionnement (réalisation des fonctions) ainsi qu'à l'optimisation de sa qualité et de ses performances à moindre coût. Pour répondre aux objectifs de réduction des délais de mise sur le marché, les entreprises mettent en œuvre des solutions de « conception produit process », « d'ingénierie simultanée » ou « d'ingénierie concourante ».

Les nouvelles technologies de l'information et de la communication rendent aujourd'hui possible le réel partage d'un modèle produit ainsi que celui du modèle du processus de conception. Le type de conception plus particulièrement visé dans l'étude est la « conception routinière de produits ». Dans ce type de conception, les concepts technologiques existent déjà et sont bien connus des concepteurs qui n'ont plus qu'à les dimensionner et à les intégrer dans un nouvel environnement. L'objectif étant que les technologies choisies réalisent les performances requises par les clients en respectant les contraintes de l'environnement.

Références bibliographiques

- [Bossard et al. 1997] P. Bossard, P. Leclair, C. Chanchevrier, "Ingénierie concurrente : de la technique au social", Economica, Paris, 1997.
- [Brookes et al. 1996] Brookes N and Backhouse C 1996 in Concurrent Engineering - What's working where, Gower, p.5.
- [Brown, 1998] D.C. Brown, Intelligent Computer Aided-Design, Encyclopedia of Computer Science and Technology, ed. Williams and Sochats, 1998.
- [Chambolle 1999] Chambolle F., « Un modèle de produit piloté par les processus d'élaboration, Application au secteur de l'automobile dans l'environnement STEP », thèse de Doctorat, Ecole Centrale de Paris, 29 avril 1999.
- [Chandrasekaran, 1990] B. Chandrasekaran, Design Problem Solving: A Task Analysis, AI Magazine, Vol. 11(4), pp. 59-71, 1990.
- [Chedmail et al, 1997] P. Chedmail, JC Bocquet, A.Dornfeld, "Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering", Kluwer Academic Publisher, ISBN 0-7923-4739-0, 1997.
- [De Graaf 1996] R. De Graaf, "Assessing Product Development: Visualizing Process and Technology Performance with RACE", Dissertation Technische Universiteit Eindhoven, 1996.
- [Dixon, 1988] J.R. Dixon, Designing with features: building manufacturing knowledge into more intelligent CAD systems, ASME Manufacturing International Conference, Atlanta, 1988.
- [Ehrlenspiel 1995] K. Ehrlenspiel, "Integrierte Produktentwicklung Methoden für Prozessorganisation, Produkterstellung und Konstruktion", Carl Hanser Verlag, 1995.
- [Esnault 1996] L. Esnault, "L'entreprise-réseau : une nouvelle frontière pour les managers ?", Entreprise étendue et commerce électronique, colloque international de management des réseaux d'entreprise, Ecole des HEC, Université de Lausanne, Suisse.
- [Fleming et al. 1998] Q. W. Fleming, J.M. Koppelman, "Project Teams: The Role of the Project Office", Cost Engineering, vol. 8, no.8, August, 1998.
- [Gero, 1989] J.S. Gero, Artificial Intelligence in design, Computational Mechanics Publications, Springer-Verlag, Southampton, UK, 1989.
- [Garro et al. 2001/4] O. Garro, D. Choulier, J.-P. Micaëlli, « L'émergence, processus clé de la conception inventive : Application à la conception d'une partie d'un robot », 7ème Colloque sur la conception mécanique intégrée, PRIMECA, La Plagne, 2-4 Avril 2001.
- [Gero, 2001/8] J.S. Gero, Mass customisation of creative designs, International Conference on Engineering Design ICED'01, Glasgow, 2001.
- [Hadj-Hamou et al., 2001] K. Hadj-Hamou, E. Caillaud, J. Lamothe, M. Aldanondo, Knowledge for product configuration, International Conference on Engineering Design ICED'01, Glasgow, Scotland, 2001.
- [Hadj Hamou 2002] Khaled HADJ-HAMOU « Contribution à la conception de produits à forte diversité et de leur chaîne logistique : une approche par contraintes » Thèse de Doctorat de L'Institut National Polytechnique de Toulouse spécialité : Systèmes Industriels, 10 décembre 2002.
- [Martin et al 2000] G. Martin, F. Détienne, E.Lavigne « Confrontation des points de vue dans un processus d'ingénierie concurrente ». 3rd International Conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering IDMME'2000. 17-19 may 2000. Montreal. Presses Internationales Polytechnique.

- [Martin 2002] FRANCK-OLIVIER MARTIN, « Les Technologies de l'Information et de la Communication en Conception Collaborative Multi-Site » Thèse de Doctorat de l'École Centrale de Nantes, Spécialité : Génie Mécanique, 11 janvier 2002.
- [Muller 2001] A. Muller, "La net économie", Collection Que sais-je, PUF, Mars 2001. [NF X 50-150] « Analyse de la valeur, analyse fonctionnelle », AFNOR 1990.
- [MS Encarta ® 2007] Encyclopédie Microsoft ® Encarta ® 2007. © 1993-2006 Microsoft Corporation.
- [Pahl & Beitz 1996] G. Pahl, W. Beitz, "Engineering Design. A Systematic Approach", Springer Verlag, Londres, 1996 (2nde édition)
- [Schrijver 1994] R. Schrijver, "Concurrent Engineering", Technieuws Washington 94-02, téléchargé sur le site internet : <http://www.mindspring.com/~twawashington/w-94-02.htm> ; 1994.
- [Sellini, 1999] F. Sellini, « Contribution à la représentation et à la vérification des modèles de connaissances en ingénierie d'ensembles mécaniques », Thèse Ecole Centrale de Paris, 1999.
- [SOCE 2000] SOCE, "Society of Concurrent Engineering", <http://www.soce.org/>
- [Syan 1994] C. S. Syan, U. Menon, "Concurrent Engineering, Concepts, Implementation and Practice", Chapman & Hall, 1994.
- [Tichkiewitch et al. 1995] Tichkiewitch S., Chapa E., Belloy P., « Un modèle produit multi vues pour la conception intégrée », In Proc. Of International Industrial Engineering Conference of Montral, 1995.
- [Vargas, 1995] C. Vargas, « Modélisation du processus de conception en ingénierie des systèmes mécaniques. Application à la conception d'une culasse automobile ». Thèse de l'ENS Cachan, 1995.
- [Zouari et al. 2002] Zouari Alaeddine, Tollenaere Michel et Menand Sebastian, "Application of a multi-actors design model to the car air-conditioning system functional design", IEEE SMC02 Conference, Hammamet, Tunisia, October 6-9, 2002.

Sommaire chapitre 2

LA GESTION ET LA CAPITALISATION DES CONNAISSANCES-----	32
I. NOTION DE CONNAISSANCE -----	32
1. CONNAISSANCES EXPLICITES, CONNAISSANCES TACITES -----	32
2. CONNAISSANCES LOCALES, CONNAISSANCES PRODUIT, CONNAISSANCES SUR L'ENTREPRISE -----	33
3. CONNAISSANCES EXPERTES, CONNAISSANCES D'UTILISATION -----	33
4. CONNAISSANCES DE PROJET, CONNAISSANCES DE METIER/TECHNIQUE -----	33
5. DIMENSIONS DES CONNAISSANCES (PRIVEE ET COLLECTIVE)-----	34
6. LES QUATRE MODES DE CONVERSION DES CONNAISSANCES -----	34
7. DEGRE DE MATURITE DES CONNAISSANCES -----	35
II. LA CONNAISSANCE, UNE VALEUR STRATEGIQUE POUR LES ENTREPRISES -----	35
III. LE MANAGEMENT DES CONNAISSANCES (KNOWLEDGE MANAGEMENT - KM)--	36
1. DEFINITION -----	36
2. LES DIMENSIONS DU MANAGEMENT DES ACTIVITES ET DES PROCESSUS DE GESTION DES CONNAISSANCES DE L'ENTREPRISE-----	37
3. LES OUTILS POUR LA GESTION DES CONNAISSANCES -----	37
IV. LA CAPITALISATION DES CONNAISSANCES-----	38
1. LA PROBLEMATIQUE DE CAPITALISATION DES CONNAISSANCES DE L'ENTREPRISE -----	39
2. CYCLE DU PROCESSUS DE CAPITALISATION DES CONNAISSANCES DE L'ENTREPRISE. -----	39
3. L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (IA) ET LA CAPITALISATION DE CONNAISSANCES-----	41
3.1. PLACE DE L'IA DANS LE CYCLE DE CONNAISSANCES -----	41
3.2. MODELISATION PROFONDE DES CONNAISSANCES -----	41
3.3. STRUCTURATION DES CONNAISSANCES -----	42
3.4. INDEXATION DES CONNAISSANCES -----	42
4. METHODOLOGIES DE CAPITALISATIONS DE CONNAISSANCES-----	42
4.1. MKSM (METHOD FOR KNOWLEDGE SYSTEM MANAGEMENT)-----	42
4.2. KADS, (KNOWLEDGE AND ANALYSIS DESIGN SUPPORT) -----	46
4.3. REX (RETOUR D'EXPERIENCE) -----	47
4.4. KOD (KNOWLEDGE ORIENTED DESIGN)-----	49
4.5. LES LOGICIELS-----	50
V. BILAN DU CHAPITRE 2-----	51
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES-----	52

Chapitre 2 :

LA GESTION ET LA CAPITALISATION DES CONNAISSANCES

I. NOTION DE CONNAISSANCE

La connaissance est un facteur de production de l'avenir (société de la connaissance), qui vient s'ajouter aussi bien à l'énergie et aux matières premières qu'au travail et au capital financier. De même, le savoir est la seule ressource qui s'enrichit au fur et à mesure de son utilisation.

Des potentiels énormes se perdent si le savoir, qui est dans la tête des gens (implicite) ou bien structuré sur des documents (explicite), n'est pas communiqué ni utilisé. Une gestion efficace des connaissances peut augmenter la productivité de l'entreprise. Par exemple dans le domaine de la conception, l'utilisation d'un système expert « savoir consultable » a augmenté l'efficacité de la construction des variantes avec malgré tout l'inconvénient de restreindre la recherche pour la construction de nouvelles solutions.

1. Connaissances explicites, connaissances tacites

La distinction entre connaissances explicites et connaissances tacites est importante, car, selon qu'elles sont explicites ou tacites, les connaissances ne pourront être traitées de la même façon [Bidal et al. 2002].

- **Les connaissances explicites** sont celles qui sont déjà exprimées et conservées sur un support quelconque. Elles comprennent les procédures, les plans, les modes d'emploi, les manuels d'entretien, les manuels de dépannage, les documents technico-commerciaux, les notes techniques, les bases de données, les systèmes experts, les enregistrements audio, vidéo, les photos, les films, etc. On pourrait rajouter à cela les documents commerciaux, financiers, ou comptables. Dans toutes les entreprises dépassant une certaine taille, ces documents sont très volumineux, et les connaissances qu'ils contiennent ne sont pas toujours facilement accessibles.

En résumé : « *les connaissances explicites se réfèrent à la connaissance qui peut être exprimée sous forme de mots, de dessins, d'autres moyens "articulés" notamment les métaphores* [Polanyi, 1966] ».

- **Les connaissances implicites** ou tacites concernent le savoir faire non écrits qui se transmettent de bouche à oreille, et qui résident dans la tête des employés. Souvent ces connaissances sont essentielles, ne serait-ce que pour pouvoir utiliser les connaissances explicites (par exemple, savoir où rechercher l'information pertinente dans la documentation). Les connaissances tacites ne sont pas toutes explicites.

En résumé : « *les connaissances tacites sont les connaissances qui sont difficilement exprimables quelle que soit la forme du langage* [Polanyi, 1966] »

2. Connaissances locales, connaissances produit, connaissances sur l'entreprise

Si l'on considère maintenant l'entreprise comme un système de production en la découpant en activités correspondant à des lignes de produits, on peut distinguer plusieurs niveaux de connaissances : les connaissances locales, les connaissances liées à un produit, les connaissances au niveau de l'entreprise.

§ **Les connaissances locales** sont celles qui sont nécessaires à un individu ou un groupe d'individus pour accomplir une tâche précise. Elles peuvent prendre par exemple la forme de procédures pour aider à la conduite, ou d'un système expert d'aide au diagnostic.

§ **Les connaissances liées à un produit** sont celles qui concernent ce produit tout au long de sa vie. Elles comprennent tous les documents associés au produit, tous les tours de mains qui ont été utilisés pour concevoir, fabriquer, vendre, maintenir, et éventuellement recycler le produit, et toutes les informations, souvent non écrites, mais importantes pour le produit (décisions de conception, raisons des modifications, erreurs et échecs, ...). Ces informations sont nécessaires pour la mise en place par exemple d'une approche de type ingénierie concourante.

§ **Les connaissances sur l'entreprise** sont plutôt celles utilisées par la direction. Elles concernent les aspects d'organisation globale des activités et la stratégie de l'entreprise.

Il est important de réaliser que ces différents types de connaissances ne sont pas de même nature et que leur organisation ne fera pas appel aux mêmes méthodes, ni aux mêmes outils.

3. Connaissances expertes, connaissances d'utilisation

On peut encore faire la différence entre les connaissances expertes et les connaissances d'utilisation comme l'a fait récemment [De azevedo, 1997]. Ces dernières sont plutôt des connaissances sur les connaissances et correspondent à la façon de se servir des connaissances techniques. Dans un système interactif de connaissances, elles jouent un rôle fondamental.

4. Connaissances de projet, connaissances de métier/technique

En ce qui concerne la nature des connaissances à acquérir, nous nous intéressons aux connaissances dites de projet et de métier/technique.

§ **Les connaissances de projet** concernent les activités de projet (par exemple, la logique de conception, le modèle des tâches, la forme et le contenu des documents) ou à l'activité de gestion de projet (par exemple, la cartographie des connaissances de l'équipe, la composition de l'équipe, le budget). En général, les connaissances de projet sont indépendantes du domaine d'application et peuvent être plus facilement réutilisées (au moins au sein d'une même organisation). Par exemple, le format de la documentation, la composition de l'équipe (nombre d'experts, de personnel administratif), les outils de gestion (cartes de compétences).

§ **Les connaissances de métier/technique** sont liées à l'artefact en cours de conception (par exemple, mécanique des structure, transmission de puissance, climatisation, etc.). Les connaissances de métier sont normalement dépendantes du domaine d'application du projet et changent d'un projet à l'autre.

5. Dimensions des connaissances (privée et collective)

Le «savoir-faire de l'entreprise », repose sur des connaissances individuelles. Néanmoins, certaines connaissances individuelles ont une dimension collective qui se traduit par des compétences et des logiques d'action spécifiques de l'entreprise (figure 2-1). Cette observation conduit à nous interroger sur la dimension collective et la dimension privée des connaissances individuelles [Grundstein, 2002].

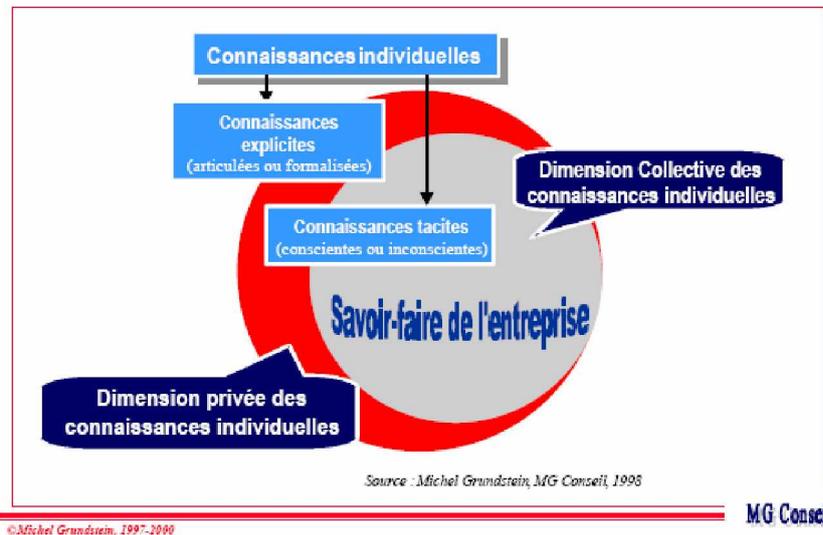


Figure 2-1. Dimension privée et dimension collective des connaissances individuelles

Les «connaissances individuelles explicites » s'expriment sous forme de discours, de métaphores, d'analogies, de représentations schématiques ; ou se matérialisent sous forme de notes personnelles, consignées sur des feuilles volantes, des carnets de notes, des aides mémoires, des ébauches de documents divers structurés ou non, des fichiers informatiques...

Les «connaissances individuelles tacites » se manifestent dans des talents, des habilités, des tours de main individuels, des croyances et des comportements partagés (traditions, communauté d'intérêts et de pratiques, connivence, pensée unique,...). Cependant, si la part des connaissances individuelles acquises par interaction avec un groupe de personnes au sein de l'entreprise a une dimension collective, dans la mesure où ces connaissances individuelles ne sont pas formalisées et disséminées, elles conservent un caractère privé.

6. Les quatre modes de conversion des connaissances

Compte tenu de cette double nature des connaissances, Ikujiro Nonaka et Hirotaka Takeuchi [Nonaka et al. 1995] décrivent notamment quatre modes de conversion de la connaissance au sein d'une organisation (figure 2-2)

- I- **Du tacite au tacite**, c'est la *socialisation* (socialization) où les connaissances tacites des uns (notamment celui du maître) sont transmises directement aux autres (notamment à l'apprenti) sous forme de connaissances tacites, par l'observation, l'imitation et la pratique. Au cours de ce processus aucun des protagonistes n'explique son art pour le rendre directement accessible à tous. Ces connaissances ne pourront donc pas être exploitées au niveau collectif de l'entreprise.
- II- **Du tacite à l'explicite**, c'est l'*extériorisation* (externalization) où l'individu essaie d'expliquer son art et de convertir son expérience en connaissances explicites.

- III- **De l'explicite à l'explicite**, c'est la *combinaison* (combination) où l'individu combine divers éléments de connaissances explicites pour constituer de nouvelles connaissances, explicites elles aussi.
- IV- **De l'explicite au tacite**, c'est l'*intérieurisation* (internalization) où, peu à peu, les connaissances explicites diffusées dans l'organisation sont assimilées par le personnel. Ces nouvelles connaissances viennent compléter la somme des connaissances dont dispose l'individu. Elles sont intériorisées et deviennent partie intégrante de chacun. Les connaissances explicites deviennent tacites.

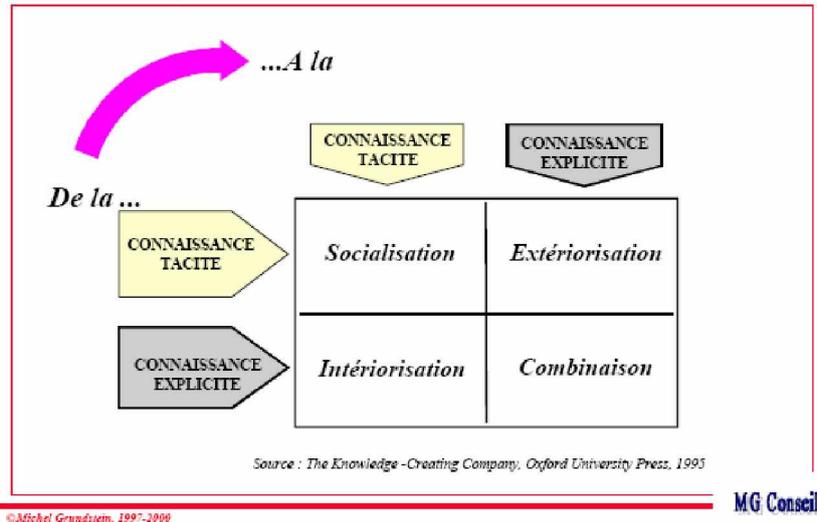


Figure 2-2. Les quatre modes de conversion de la connaissance

(Grundstein d'après Ikujiro Nonaka et Hirotaka Takeuchi)

Pour Ikujiro Nonaka et Hirotaka Takeuchi [Nonaka et al. 1995] «les connaissances explicites peuvent être exprimées dans des documents mais sont moins susceptibles de déboucher sur une innovation majeure que les connaissances tacites, c'est-à-dire les connaissances acquises par l'expérience et difficilement exprimables, qui sont à la source du processus d'innovation. ».

7. Degré de maturité des connaissances

Les connaissances ne sont pas des vérités (valeurs) éternelles. Elles se périment, et de ce fait peuvent avoir une importance plus ou moins grande en fonction du temps. La gestion des connaissances est donc un processus extrêmement dynamique.

Il ne faut pas confondre le degré de maturité des connaissances avec celui des outils et des méthodes permettant de les traiter.

II. LA CONNAISSANCE, UNE VALEUR STRATEGIQUE POUR LES ENTREPRISES

La connaissance est devenue l'objet de toutes les attentions dans le monde industriel et économique, car elle s'est révélée porteuse de nombreuses richesses, qui avaient été occultées jusqu'ici par les valeurs prédominantes, liées à la finance, la production et l'information. C'est d'abord une valeur économique, et certaines entreprises commencent désormais à évaluer leur capital immatériel (ou capital intellectuel, ou encore capital connaissance) au même titre que leurs actifs classiques. Leurs comptes d'exploitation prennent en compte maintenant la gestion des connaissances comme la gestion d'un nouveau stock. Par exemple, toute action concernant l'acquisition, la préservation de connaissances est valorisée (et même

"monétarisée") comme une accumulation de capital, ce qui est assez éloigné de la comptabilité classique qui n'y voit que des dépenses fongibles [Ermine, 1999].

C'est un nouveau facteur de productivité. Il n'apparaissait pas dans le modèle classique, taylorien, du travail : la conception des tâches y est séparée de leur réalisation, et la productivité dans le travail découle d'une qualification précise et atomisée sur chaque tâche. Dans les nouveaux modes de travail, orientés essentiellement par les objectifs, la performance tient à la capacité de se coordonner entre toutes les tâches, et ne mobilise pas nécessairement des qualifications précises, mais fait appel beaucoup plus à l'expérience et au savoir-faire. C'est aussi un élément essentiel pour la conquête de nouveaux marchés. Les entreprises ne se différencient plus par leurs outils de production, qui sont maintenant standardisés à travers le monde. Elles doivent assurer à leur client qu'elles savent non seulement produire, mais produire mieux que les concurrents. La première étape est l'assurance qualité, qui certifie les procédés de réalisation. L'étape suivante consiste alors à assurer au client qu'elles intègrent dans leur produit tout leur capital de savoir-faire et d'expérience.

C'est ainsi qu'apparaissent dans les entreprises, actuellement surtout dans les grands groupes, des plans stratégiques de gestion des connaissances (KM " Knowledge Management ", le terme vient des USA). Ils varient tous autour de trois axes essentiels : créer, capitaliser et partager leur capital de connaissances. Créer parce que l'entreprise ne peut désormais survivre que si elle est en constante innovation. Capitaliser car le patrimoine de savoir-faire est fragile (il suffit de voir comment il est perdu lors des départs en retraite ou des restructurations). Partager car l'enjeu est bien de passer d'une intelligence individuelle à une intelligence collective, accessible à tous les membres de l'organisation.

III. LE MANAGEMENT DES CONNAISSANCES (KNOWLEDGE MANAGEMENT - KM)

1. Définition

Le management des connaissances « Knowledge Management », est représentatif du passage à une économie de communication privilégiant le contenu, le sens, et le développement des réseaux de connaissance. Il s'agit d'anticiper les besoins des personnes et des organisations en recherche de l'information et de construire un système complet d'aide à la décision.

L'émergence de cette discipline est pour beaucoup liée au retour d'expérience inhérent à la mise en place de concepts et de solutions organisationnels génériques, notamment des systèmes d'information ; mais également, d'autres solutions tels que le management de projet, le management des compétences, le reengineering.

Il s'en est suivi une prise de conscience de l'importance du capital immatériel, dont le capital connaissance, et du fait que les acteurs, leur capital, leur compétences et leurs relations sociales sont au cœur de ce processus qui en est un à part entière.

2. Les dimensions du management des activités et des processus de gestion des connaissances de l'entreprise

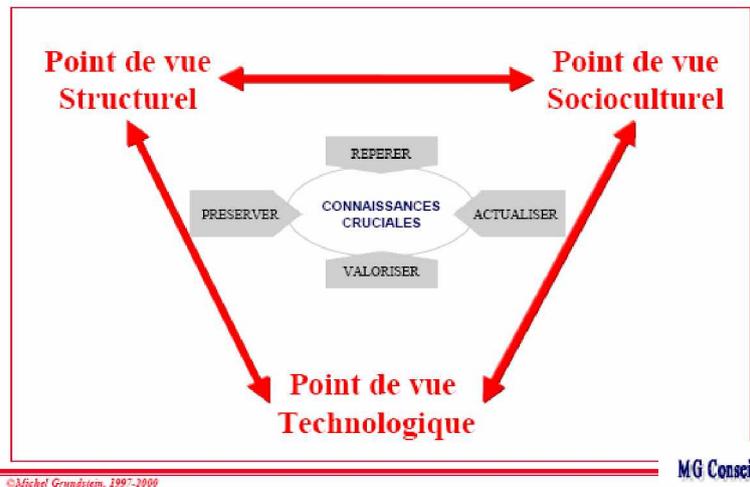


Figure 2-3. Les trois dimensions du Management des Connaissances de l'Entreprise [Grundstein, 2002]

Tout en gardant à l'esprit que l'organisation doit évoluer d'elle-même par amplification de sa propre diversité, en créant de nouveaux schémas de pensées et de comportement, parler du management des activités de gestion des connaissances de l'entreprise implique de considérer la problématique de capitalisation des connaissances sous trois points de vue complémentaires fortement imbriqués par leurs liens et leurs interactions (figure 2-3) :

- a- **Le point de vue structurel** dont l'objet est l'entreprise : ses valeurs, sa structure, son mode de pilotage et de fonctionnement, ses critères économiques et financiers, ses compétences clés, ses processus à valeurs ajoutées, et les activités et processus de capitalisation des connaissances à promouvoir, organiser et développer.
- b- **Le point de vue socioculturel** dont l'objet est le comportement des groupes et des personnes, acteurs de la capitalisation des connaissances au sein de l'entreprise : leurs besoins, leurs pouvoirs, leurs zones d'autonomie, leurs responsabilités, leurs compétences, leurs modes de rémunération, leur culture professionnelle, leur éthique et leurs valeurs.
- c- **Le point de vue technologique** dont l'objet est l'ensemble des savoirs, des techniques, des méthodes et des outils qui apportent les supports nécessaires à la mise en œuvre des activités et au déroulement des processus de capitalisation des connaissances.

3. Les outils pour la gestion des connaissances

Le partage des connaissances tacites (fortement liées à la " culture d'entreprise ") est l'enjeu de cette gestion des connaissances. Ces connaissances se diffusent par des outils de travail partagé, où les nouvelles technologies de l'information et des réseaux interviennent fortement (intranet, groupware ...). Elles s'organisent dans et par des méthodes de management modernes, comme l'ingénierie simultanée (CE " Concurrent Engineering "), la reconfiguration de processus (BPR "Business Process Reengineering "), la gestion des compétences qui pointent sur les connaissances essentielles à l'entreprise etc. Elles se transmettent par le compagnonnage, de plus en plus rare et coûteux [Ermine, 1999].

Par opposition aux connaissances tacites, il y a les connaissances explicites. Parmi celles-ci, on peut distinguer celles qui sont " explicitables ", mais pas encore explicitées : c'est toute l'expérience, le savoir-faire des spécialistes, des experts, difficiles à verbaliser et

communiquer de manière structurée, c'est la connaissance enfouie dans les documents de toutes sortes et que l'on ne retrouve jamais par une simple consultation, qu'il faut " exhumé " de manière systématique, etc. L'explicitation de ces connaissances ne peut jamais être complète, car elle sera toujours limitée par la barrière du tacite. Mais un grand nombre de méthodes et d'outils sont déjà disponibles pour cette tâche.

Certaines de ces connaissances peuvent être explicitées simplement, en les transcrivant, de manière plus ou moins structurée. C'est le cas dans la mise en place de systèmes qualité (dont la première règle est "écrire ce qu'on va faire"), ou de fiches de retour d'expérience, ou dans la rédaction de publications. C'est aussi le cas des " documents secondaires " qui synthétisent les connaissances contenues dans des documents donnés.

Certaines connaissances peuvent être explicitées grâce à des outils de modélisation. La modélisation est une démarche qui peut être assez lourde à mettre en œuvre, mais très puissante par rapport à la simple transcription. On peut modéliser les connaissances : soit en observant les systèmes étudiés et en faisant un modèle formel : mathématique, physique, automatique ... ou semi formel : analyse fonctionnelle, analyse des systèmes, soit en interrogeant directement les " sources de connaissances " (essentiellement les experts et spécialistes ou un corpus documents qu'on analyse), en mettant en œuvre des techniques de représentation spécifiques, c'est l'ingénierie des connaissances (KE "Knowledge Engineering"). La méthode MKSM, s'inscrit dans cette approche.

Dans la catégorie des connaissances explicites, il y a celles déjà transcrites, disponibles dans l'entreprise et accessibles sous forme d'information. Une première forme de transcription, très courante, est la base de données, gérée par un système de gestion de base de données (SGBD) ou système de gestion des données techniques (SGDT)... Ces bases de données peuvent atteindre des tailles gigantesques et le problème n'est plus le stockage, mais l'extraction de connaissances à partir de ces gisements (on parle de "Data Warehouse"), d'où de nouvelles problématiques appelées "Data Mining" ou "Knowledge Discovery" !

Une seconde forme de transcription de connaissances disponibles dans les organisations est concrétisée sous forme de documents. Sous forme papier, ils constituent des fonds documentaires souvent considérables et cette forme, même à l'heure de l'informatique, est encore la plus pérenne et la plus utilisée. Numérisés, les documents sont gérés par des logiciels de gestion électronique de documents (GED), selon des techniques similaires à celles utilisées pour les données. Des outils sophistiqués de recherche documentaire permettent de trouver un élément d'information dans un texte en s'appuyant sur des analyses syntaxiques, sémantiques ou pragmatiques.

Comme on le voit, mettre en place un système pour gérer un capital de connaissances est un problème complexe, aux multiples facettes, avec des solutions qui peuvent être extrêmement variées. Ces solutions peuvent utiliser des outils très divers et impliquer des changements organisationnels importants.

IV. LA CAPITALISATION DES CONNAISSANCES

Repérer et rendre visibles les connaissances de l'entreprise, pouvoir les conserver, y accéder et les actualiser, savoir les diffuser et mieux les utiliser, les mettre en synergie et les valoriser, deviennent des sujets de préoccupations actuels, rassemblées sous l'expression générique de "Capitalisation des connaissances de l'entreprise".

Beaucoup de questions et sujets sont traités dans ce domaine d'activité jeune de quelques dizaines d'années : Où doit-on lancer une opération de capitalisation des connaissances ? Quelles connaissances doit-on capitaliser ? Pourquoi ? Comment ?

Le problème de la gestion des connaissances est toutefois difficile, car il fait intervenir des dimensions à la fois humaines et techniques de manière très imbriquée, tout en laissant une place particulière aux systèmes de traitement de l'information et aux techniques développées en intelligence artificielle.

La gestion des connaissances vise à capturer et représenter explicitement le patrimoine de connaissances (et en particulier, le savoir-faire) d'une organisation, afin de faciliter l'accès à ces connaissances, leur partage et leur réutilisation par les membres de l'organisation : elle doit donc permettre d'améliorer l'apprentissage individuel, collectif ou organisationnel. Ce problème complexe requiert une approche pluridisciplinaire car il peut être abordé de plusieurs points de vue : humain, socio organisationnel, technique, économique, financier et légal.

[Bidal et al. 2002] définissent la mémoire d'entreprise (ou mémoire organisationnelle) comme la « représentation explicite, désincarnée et persistante des connaissances et informations cruciales dans une organisation, afin de faciliter leur accès, partage et réutilisation par des membres de l'organisation, dans le cadre de leurs différentes tâches individuelles ou collectives ».

L'organisation considérée peut être une entreprise réelle dans son ensemble ou un organisme public, mais elle peut également juste se restreindre à un département ou à un service donné ; elle peut également consister en un groupe, ou une communauté, voire une entreprise virtuelle (constituée de membres provenant éventuellement de différentes entreprises), rassemblés pour un objectif commun (par exemple, la réalisation d'un projet ou l'échange d'informations sur un centre d'intérêt commun).

1. La problématique de capitalisation des connaissances de l'entreprise

Capitaliser les connaissances de l'entreprise, 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. [Grundstein, 1995]

Le processus de capitalisation comprend plusieurs étapes centrées sur la notion de connaissances cruciales « stratégiques » : le repérage ou l'identification des sources de connaissances, leur formalisation, leur organisation et leur stockage, leur distribution, et leur maintenance. 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.

Le processus de capitalisation des connaissances fait appel à un dispositif technique qui utilise de nombreuses technologies. Nous ne considérerons ici que les technologies informatiques. Celles-ci vont intervenir dans la phase de préservation, pour modéliser, formaliser et archiver les connaissances, dans la phase de valorisation pour mettre à disposition les connaissances, et dans la phase d'actualisation pour assurer la maintenance et l'enrichissement des connaissances capitalisées.

2. Cycle du processus de capitalisation des connaissances de l'entreprise.

Les 5 facettes du cycle du processus de capitalisation des connaissances de l'entreprise sont représentées sur la figure 2-4.

§ ***La première facette*** concerne les problèmes liés au repérage des connaissances cruciales, c'est-à-dire les savoirs (connaissances explicites) et les savoir-faire (connaissances tacites) qui sont nécessaires aux processus de décision et au déroulement des processus essentiels qui constituent le cœur des activités de

l'entreprise : il faut les identifier, les localiser, les caractériser, en faire des cartographies, estimer leur valeur économique et les hiérarchiser.

§ **La deuxième facette** concerne les problèmes liés à la préservation des connaissances : il faut les acquérir auprès des porteurs de connaissances, les modéliser, les formaliser et les conserver.

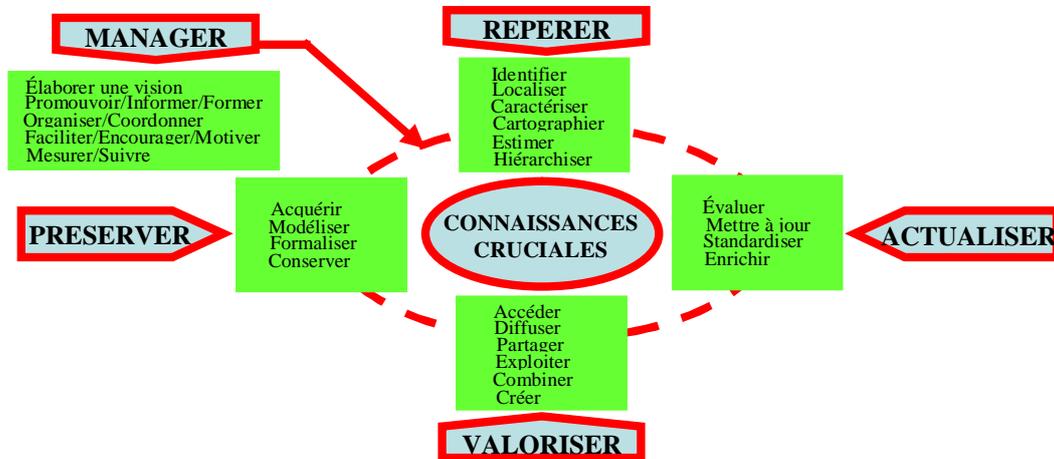


Figure 2-4. Cycle du processus de capitalisation des connaissances [Grundstein, 2001]

§ **La troisième facette** concerne les problèmes liés à la valorisation des connaissances : il faut les mettre au service du développement et de l'expansion de l'entreprise c'est-à-dire les rendre accessibles selon certaines règles de confidentialité et de sécurité, les diffuser, les partager, les exploiter, les combiner et créer des connaissances nouvelles. Cette facette lie la problématique de capitalisation des connaissances à la problématique d'innovation et de mise en place de dispositifs organisationnels physiques ou virtuels favorisant les interactions entre les personnes (concept de « ba » du philosophe japonais Kitaro Nishida [Nonaka et al. 1998], « mode de fonctionnement semi-ouvert » [Grundstein et al, 1988], « plateau » [Midler, 1993]).

§ **La quatrième facette** concerne les problèmes liés à l'actualisation des connaissances : il faut les évaluer, les mettre à jour, les standardiser et les enrichir au fur et à mesure des retours d'expériences, de la création de connaissances nouvelles et de l'apport de connaissances externes.

§ **La cinquième facette** concerne les interactions entre les différents problèmes mentionnés précédemment. C'est là que se positionne le management des activités et des processus destinés à amplifier l'utilisation et la création des connaissances dans les organisations, communément appelé " Management des connaissances " dans de nombreuses publications.

En fait, l'expression " Management des connaissances " couvre " toutes les actions managériales visant à répondre à la problématique de capitalisation des connaissances dans son ensemble" : il faut aligner le management des connaissances sur les orientations stratégiques de l'organisation ; mobiliser tous les acteurs de l'organisation, les sensibiliser, les former, les encourager et les motiver ; organiser et piloter les activités et les processus spécifiques conduisant vers plus de maîtrise des connaissances ; susciter la mise en place des conditions favorables au travail coopératif et encourager le partage des connaissances; élaborer des indicateurs permettant d'assurer le suivi et la coordination des actions engagées, de mesurer les résultats et de déterminer la pertinence et les impacts de ces actions .

En résumé, "Capitaliser les connaissances de l'entreprise" consiste à repérer ses connaissances cruciales, à les préserver et les pérenniser tout en faisant en sorte qu'elles soient partagées et utilisées par le plus grand nombre au profit de l'augmentation de richesse de l'entreprise ". En fait il s'agit de renforcer tout ce qui - au delà des tâches répétitives et automatisables - peut améliorer les moyens de gestion des savoirs, permettre de formaliser des pans de savoir-faire et partager les connaissances non structurées.

Il ne s'agit pas de gérer les ressources humaines, c'est-à-dire de faire en sorte d'avoir à tout moment les personnes capables, à partir de leur savoir-faire et moyennant la mise à disposition des savoirs, de s'adapter aux situations et de faire face à leurs missions dans des conditions optimum. Ceci est du domaine de la gestion des compétences. Il ne s'agit pas non plus de réorganiser l'entreprise, d'optimiser ses processus, d'améliorer ses moyens de communication notamment son système d'information. Cela serait du domaine de l'organisation et de la gestion de l'entreprise. Il s'agit surtout d'apporter à chacun de ces objectifs, tous tendus vers des résultats de production soumis aux contraintes culturelles (valeurs, croyances), économiques et sociales, un facteur de création de richesse complémentaire et décisif : la maîtrise des savoirs et des savoir-faire.

3. L'intelligence Artificielle (IA) et la capitalisation de connaissances

A côté de techniques classiques liées au traitement de l'information, la capitalisation des connaissances fait appel à des techniques développées en intelligence artificielle directement applicables à la manipulation de connaissances. En effet, l'un des objectifs des recherches en intelligence artificielles étant de simuler le raisonnement humain, il est nécessaire de modéliser les connaissances d'une façon utilisable par la machine.

Plus récemment l'intérêt pour l'étude des interactions entre agents intelligents a donné naissance à une nouvelle branche appelée intelligence artificielle distribuée. Celle-ci s'intéresse à la construction de systèmes d'agents artificiels en vue de la résolution de problèmes complexes [Bidal et al 2002]. A ce titre l'approche peut être extrêmement intéressante pour construire des systèmes de capitalisation de connaissances.

3.1. PLACE DE L'IA DANS LE CYCLE DE CONNAISSANCES

Dans le développement d'un système informatisé de capitalisation de connaissances, correspondant au cycle du processus de capitalisation (figure 1-4), le concepteur va devoir choisir une technique de représentation de connaissances. Il va avoir en général le choix entre quatre possibilités :

- § Utiliser une modélisation profonde des connaissances,
- § Structurer les connaissances,
- § Indexer les connaissances,
- § Ne rien faire du tout.

3.2. MODELISATION PROFONDE DES CONNAISSANCES

Ce cas correspond à l'utilisation d'une des techniques de représentation explicite des connaissances développées en intelligence artificielle, par exemple celle des réseaux sémantiques. Une fois les connaissances représentées, l'intelligence artificielle fournit les outils pour les manipuler, donc les transmettre et éventuellement les expliquer.

Pour aider le concepteur, de nombreuses méthodes ont été développées pour faciliter l'acquisition des connaissances.

3.3. STRUCTURATION DES CONNAISSANCES

Souvent il n'est pas nécessaire de réaliser un modèle conceptuel des connaissances et une structuration sous forme par exemple d'hyperdocuments suffit. Marchand et Guérin ont apporté des améliorations à cette technique en introduisant le concept d'expertexte [Marchand et al. 1996]. Un "expertexte" est un hypertexte couplé à un réseau neuronal capable d'apprendre la façon dont l'utilisateur travaille et de modifier l'hypertexte en conséquence.

Une autre technique de structuration des connaissances est l'utilisation de bases de cas [Kolodner, 1993]. Cette approche, très utilisée pour les "hotlines", consiste à décrire et à structurer des informations dans une base de données dite base de cas.

3.4. INDEXATION DES CONNAISSANCES

Lorsque la quantité de documentation existante est importante, il serait illusoire de modéliser ces connaissances de façon profonde ou même d'essayer de les indexer. Dans ce cas, il est possible de recourir à des techniques linguistico statistiques de traitement direct du texte correspondant. Les techniques de traitement du langage naturel développées en intelligence artificielle permettent en particulier de résumer automatiquement des textes [Planès et al. 1993], ou de produire des explications.

Toutefois, dans une approche dite "full text" on utilise plutôt des traitements statistiques associés à des règles heuristiques et à un complément manuel. Ceci permet de très rapidement retrouver les passages intéressants dans un document volumineux. Ce genre d'approche est actuellement développé pour accéder aux informations disponibles sur le Web.

4. Méthodologies de capitalisations de connaissances

Il y a trois types principaux de méthodes :

- § Les méthodologies descendantes telles que CommonKADS proposant des modèles génériques à partir desquels on peut interpréter les données recueillies des experts
- § Les méthodologies ascendantes telles que KOD où, partant des données du recueil, on les abstrait de façon à construire des modèles ;
- § Une méthodologie mixte, combinant les approches ascendantes et descendantes.

GRAI, SAGACE, ACTIONIS, fondées sur l'approche systémique sont identiques à la méthode MKSM. MACAO, STAGES, POLITE, VITAL, TRESSA, KADS, KOD sont des KBS (Knowledge Based Systems)

4.1. MKSM (METHOD FOR KNOWLEDGE SYSTEM MANAGEMENT)

MKSM (Methodology for Knowledge System Management) a été élaborée en 1993 par Jean-Louis Ermine [Ermine et al. 1996] au CEA. Sa vocation est de devenir pour la gestion des connaissances l'équivalent de ce que représente MERISE concernant la gestion de l'information.

4.1.1. Cycles de modélisation MKSM

Le Cycle de modélisation MKSM est défini en cinq phases [Ermine, 1998] :

- La phase 1 permet de délimiter le système de référence sur lequel on travaille : Le système de référence désigne le système de transformation de flux qui répond à une finalité donnée, avec ses quatre composants : opérant, information, décision et patrimoine de connaissances, qu'on résume dans le terme de modèle OIDC.

- Les phases 2 & 3 (le modèle d'activité et le modèle du domaine) correspondent à l'analyse du point de vue contextuel : De quoi parle la connaissance ? Dans quelle activité est-elle mise en œuvre ?

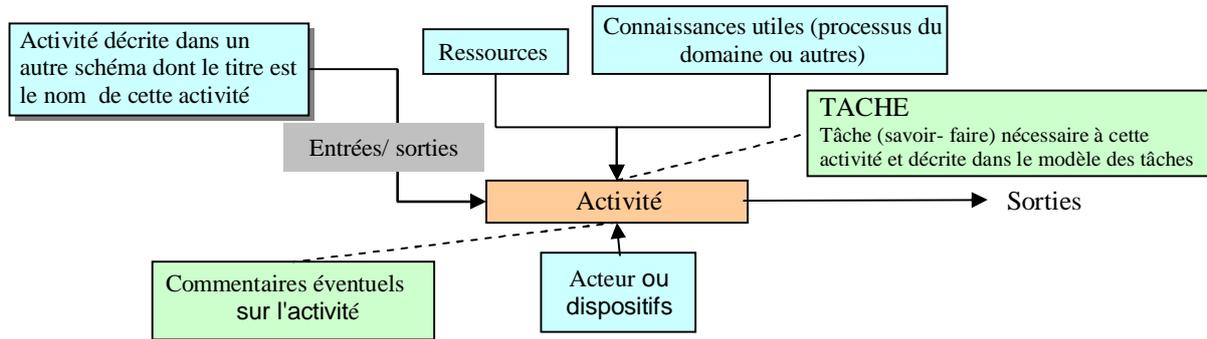


Figure 2-5. Diagramme du modèle d'activité de MKSM

§ Le modèle d'activité présente la démarche générale menée (figure 2-5).

§ Le modèle du domaine représente les phénomènes physico-chimiques utilisés (figure 2-6).

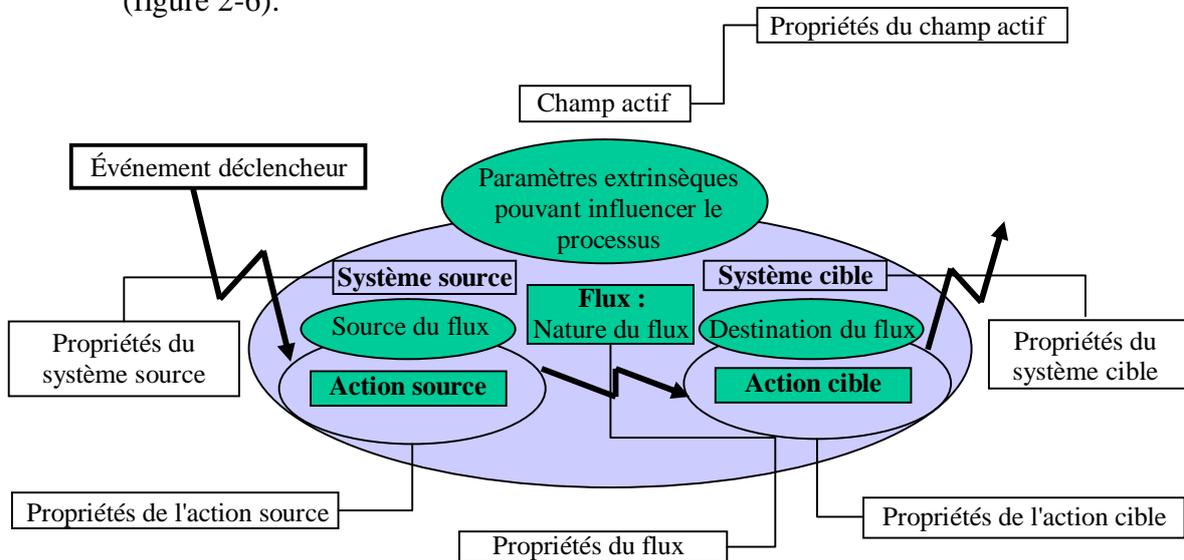


Figure 2-6. Le schéma du modèle du domaine de MKSM

- Les phases 4 & 5 (le modèle des concepts et le modèle des tâches) correspondent au point de vue sémantique. Elle propose de décrire de manière précise les savoirs et savoir-faire qui sont mis en œuvre dans le système de connaissances étudié.

§ Le modèle des concepts représente l'aspect "statique" de la connaissance. Il traduit la structuration conceptuelle d'un expert, d'une personne habituée à travailler dans un domaine précis. Cette structuration est donnée sous la forme d'une classification des concepts, des objets du domaine. La classification est une activité cognitive naturelle de base de l'être humain (figure 2-7).

§ Le modèle des tâches de MKSM décrit la connaissance dynamique. C'est une représentation de la stratégie mise en œuvre pour résoudre le ou les problèmes qui sont posés dans des cas précis concernant le système de connaissances considéré (figure 2-8).

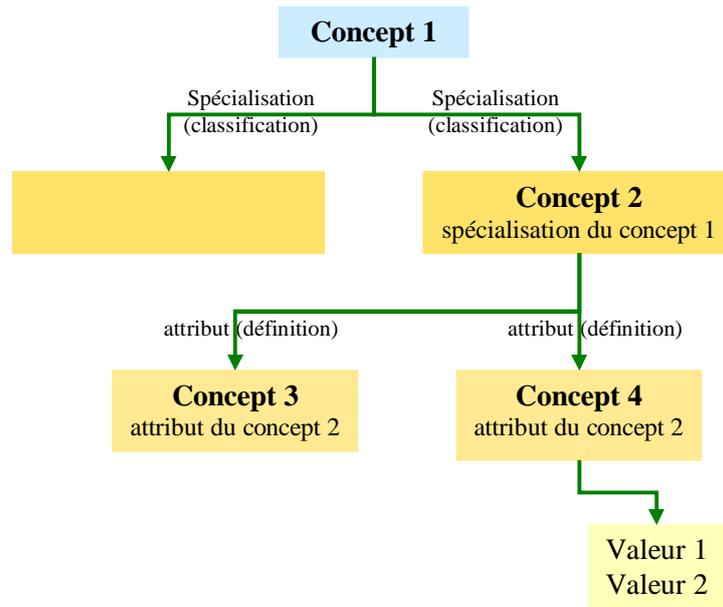


Figure 2-7. Diagramme du modèle des concepts de MKSM

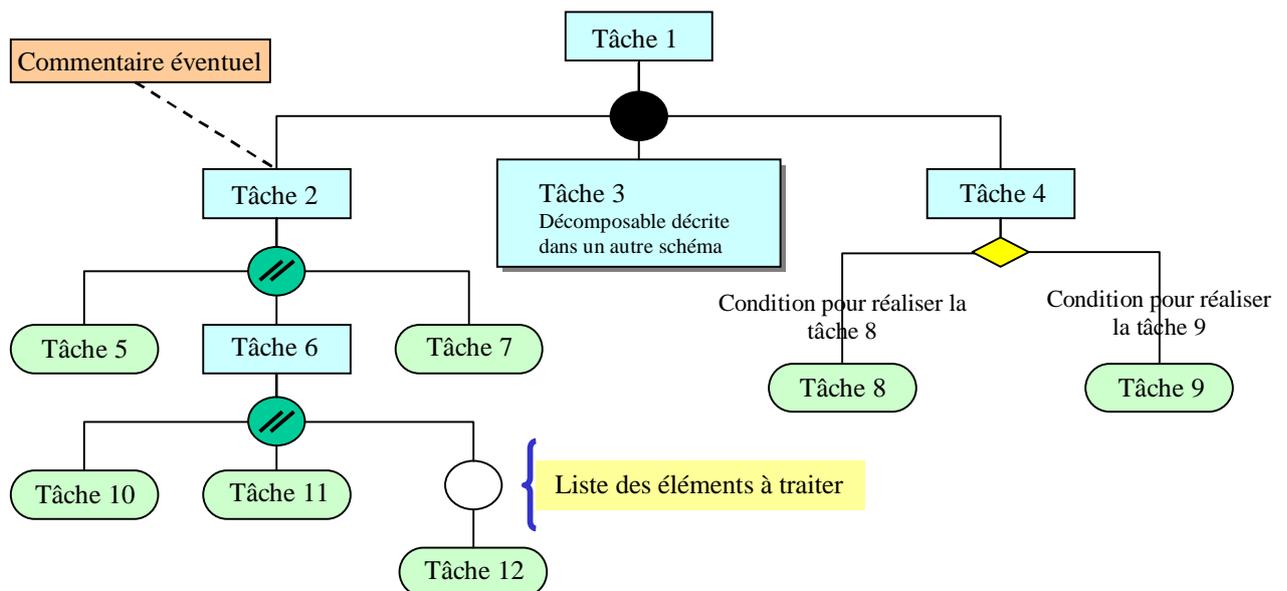


Figure 2-8. Diagramme du modèle des tâches de MKSM

Les structures de contrôle sont :

- Séquentielle ● Les sous- tâches s'exécutent séquentiellement
- Parallèles ● Les sous- tâches s'exécutent en parallèle
- Conditionnelles ◆ Les sous- tâches dont la condition est vérifiée s'exécutent

Itératives ○ { **condition** Les sous- tâches s'exécutent jusqu'à ce que la condition soit atteinte

○ { **liste** Les sous- tâches s'exécutent pour chaque élément de la liste

Le schéma correspond à un niveau de la hiérarchie de décomposition, il comprend les différentes tâches qui sont représentées par des rectangles et les structures dites "de contrôle" qui décrivent l'ordonnancement des sous tâches en reliant ces sous tâches par des signes caractéristiques.

4.1.2. Livre de connaissance

La modélisation donne lieu à ce que l'on appelle un Livre de Connaissances. Il peut être utilisé pour le partage ou la transmission des connaissances, pour la formation, pour la capitalisation. Mis sous forme électronique (hypermedia intranet), il peut se diffuser sélectivement à travers l'entreprise et surtout se lier aux autres sources d'information dont il fournit un cadre d'accueil structuré : références documentaires, bibliographiques, documents électroniques, bases de données, bibliothèques de logiciels etc.

4.1.3. Cycle de vie de MKSM

Le Cycle de modélisation s'inscrit dans le Cycle de vie MKSM.

Ce cycle de vie permet de mettre en œuvre le projet de gestion des connaissances [Ermine, 1999], depuis la modélisation du patrimoine de connaissances jusqu'à la mise en place d'une solution opérationnelle. Il comprend trois phases :

- Une phase de cadrage : pour chaque projet, il est nécessaire de définir, outre son objectif en termes stratégique ou tactique, les phases de modélisation qui seront utiles à l'objectif.
- La phase de modélisation proprement dite
- Le schéma d'orientation de gestion des connaissances qui comprend un niveau stratégique, un niveau tactique et une étude des risques liés au projet.

4.1.4. Fiche d'identité

Nom :	MKSM (Method for Knowledge System Management)
Auteur(s) :	Jean-Louis Ermine, Mathias Chaillot, Philippe Bigeon, Boris Charreton, Denis Malavieille (DIST du CEA).
Objectifs de la méthode :	Maîtriser la complexité dans les projets de gestion des connaissances, avant d'aboutir à un projet "opérationnel".
Première application de la méthode :	CEA (Commissariat à l'Energie Atomique)
Date d'élaboration :	1993
Sociétés qui diffusent la méthode :	Kade-Tech, Parker Williborg, CISI.
Pays d'origine :	France
Contexte	
Public concerné :	Toute personne ou groupe de personne produisant et/ou utilisant des connaissances.
Type d'entreprise concernée :	
- taille :	De la PME à la grande entreprise
- domaine d'activité :	Indifférent
Type de problème concerné :	Le champ applicatif est vaste : capitalisation des connaissances, retour d'expérience, diffusion des connaissances, élaboration d'un système expert, action de surveillance de l'environnement...
Méthodologie	
Description de la méthode :	La méthode procède par entretiens pour explorer le système cognitif de chaque expert. Elle aboutit à un classement des récits obtenus en différents types de connaissance. Les phases de la méthode procèdent par raffinements successifs de la modélisation du patrimoine de connaissances, jusqu'au grain suffisant qui permet d'avoir une visibilité correcte sur les connaissances à gérer, les projets possibles à mettre en place et les critères de décision pertinents.
Outils informatiques et logiciels :	Pas d'outil intégré supportant l'ensemble de la méthode. Utilisation de logiciels Bureautique : MS Windows, Word, Excel, Visio, Access et Visual Basic.
Méthodologies concurrentes ou voisines :	K.O.D. (Knowledge Oriented Design), KADS (Knowledge and Analysis Design Support), REX (Retour d'Expérience).

Mise en oeuvre	
Sociétés où la méthode a été appliquée :	CEA, La Poste, Saint-Gobain, Cofinoga, Thomson-CSF, la Direction des Constructions Navales (DCN), EDF, Technicatome, Rhône-Poulenc, ONERA ainsi que plusieurs PME.
Exemple(s) d'application :	Lutte contre la déperdition de savoir occasionnée par le fort turnover de personnel d'experts, mise à jour des compétences implicites des experts afin de mieux pouvoir les transposer dans une usine à l'étranger...
Moyens mobilisés :	
- matériels :	Pas de matériel spécifique
- organisationnels :	Conduite de projet : entretiens, réunions, groupes de travail, comité de lecture, validation...
- financiers :	Très variable suivant l'envergure du projet.
Appréciation des résultats :	Essentiellement qualitative, dépend du type de projet.
Points forts :	Méthode supportée par des outils informatiques simples à mettre en œuvre. Large champ d'application. Méthode qui a fait ses preuves. Le principe de modélisation a un grand pouvoir de représentation et de communication entre les acteurs (co-construction).
Points faibles :	L'évolution du système de connaissances est encore peu prise en compte. La modélisation peut parfois s'avérer lourde à mettre en place.

4.2. KADS, (*KNOWLEDGE AND ANALYSIS DESIGN SUPPORT*)

4.2.1. Description de la méthode KADS

La méthodologie KADS (Knowledge Acquisition and Design System) est née en 1985 dans le cadre du programme européen Esprit I [Breuker, 1987]. Ce projet est lancé par quatre chercheurs : Anne Brooking du KBSC (South Bank Polytechnic-Royaume-Uni), Joost Breuker et Bob Wielinga de l'Université d'Amsterdam et Mike Rogers du CEC [Hickman et al. 1989].

Le projet est reconduit en 1990, sous le nom de KADS II, dans le cadre du programme européen Esprit II [Dieng, 1990]. La méthodologie est améliorée dans le but d'en faire un standard commercial, notamment en Europe. On nomme désormais cette méthodologie CommonKADS [Breuker et al. 1994].

KADS est une méthodologie permettant de mettre en place un processus d'acquisition des connaissances pour la construction de Systèmes Basés sur les Connaissances (SBC). Elle représente à l'heure actuelle, une des réponses les plus avancées en matière de méthodologie de développement de SBC. Synthèse et amélioration de nombreuses techniques, elle permet de traiter tout le processus d'acquisition des connaissances, du recueil au développement d'un système complet. C'est une méthode dirigée, à l'instar de MKSM, par des modèles, par opposition aux méthodes dirigées par l'implémentation.

KADS est basée sur la séparation des phases d'analyse et de conception. Pour la phase d'analyse, KADS offre une approche structurée dirigée par les modèles, une structure à quatre niveaux pour formaliser les connaissances, une bibliothèque de modèles d'interprétation, l'indépendance du modèle conceptuel par rapport au langage d'implantation du SBC. Pour la phase de conception, KADS adopte les méthodes classiques tout en prenant en compte les spécificités des SBC.

La méthodologie CommonKADS est développée selon une approche en termes de Cycle de vie. Ce cycle de vie comprend quatre phases :

- Phase 1 : L'examen des objectifs
- Phase 2 : L'analyse des risques
- Phase 3 : La planification
- Phase 4 : Le monitoring

Ces phases se déclinent en étapes de modélisation. Les différents modèles proposés permettent non seulement la capture et la représentation en machine d'un savoir-faire, mais aussi la compréhension du problème réel, de l'organisation et de ses besoins. Ce sont donc aussi des documents de référence (mémoire collective).

4.2.2. Fiche d'identité

Nom :	KADS (Knowledge and Analysis Design Support/System" ou "Knowledge Acquisition and Documentation Structuring)
Auteur(s) :	Projet européen : H. Akkermans, J. Breuker, E. Brunet, P. De Greef, G. Schreiber, B. Wielinga...
Objectifs de la méthode :	Aide à la modélisation des connaissances d'un expert ou groupe d'experts dans le but de réaliser un système d'aide à la décision basé sur la connaissance.
Première application de la méthode :	EDF
Date d'élaboration :	KADS I (1989), KADS II ou CommonKADS (sept. 1992, dans le cadre du projet "Esprit II" de la CEE).
Sociétés qui diffusent la méthode :	Sociétés de conseil telles que Cap Gémini (a développé le logiciel KADS Tools).
Pays d'origine :	Europe
Contexte	
Public concerné :	Métiers pour lesquels l'expert doit formuler un diagnostic : expert ou groupe d'experts.
Type d'entreprise concernée :	
- taille :	Indifférent
- domaine d'activité :	Indifférent
Type de problème concerné :	Réalisation d'un système informatisé d'aide à la décision, d'assistance, d'automatisation des tâches.
Méthodologie	
Description de la méthode :	Modélisation conceptuelle des connaissances en plusieurs étapes successives allant du général au particulier : modèle d'organisation, modèle des tâches, modèle agents, modèle de communication, modèle d'expertise (étape la plus importante) et modèle de formalisation.
Outils informatiques et logiciels :	Logiciels propres à la méthode : KADS Tools (développé par Cap Gémini), OpenKADS.
Méthodologies concurrentes ou voisines :	les KBS (Knowledge Based Systems) tels que MACAO, STAGES, POLITE, VITAL ou encore TRESSA (système développé à partir de KADS pour être directement commercialisable) et des méthodes plus générales telles que MKSM.
Mise en oeuvre	
Sociétés où la méthode a été appliquée :	EDF-GDF : Direction des affaires générales (KADS I); Siemens, Unilever, usine automobile en Corée... (KADS II).
Exemple(s) d'application :	Gestion de dossiers de créances, processus d'innovation.
Moyens mobilisés :	
- matériels :	logiciels dédiés.
- organisationnels :	Interview des experts par des "auditeurs".
Appréciation des résultats :	Appréciation qualitative (qualité du système expert).
Points forts :	Méthodologie qui s'adapte à toute situation d'expertise. KADS, contrairement aux méthodes concurrentes, ne s'arrête pas à la phase de tests du système expert mais assure aussi le suivi.
Points faibles :	Outillage logiciel lourd. Beaucoup de méthodes concurrentes sur le marché.

4.3. REX (RETOUR D'EXPÉRIENCE)

4.3.1. Description de la méthode REX

REX [Malvache et al. 1991] et [Eichenbaum et al. 1994] est une méthode de capitalisation des connaissances. Elle repose sur trois principes fondamentaux :

- L'analyse des besoins et l'identification des sources de connaissance d'une organisation.
- La construction d'Eléments des Connaissances par l'interview de spécialistes de cette organisation, l'analyse de ses documents et l'interrogation de bases de données existantes.
- La mise en place du système de gestion des connaissances.

Il convient de préciser qu'un Elément de Connaissance (EC) est un texte qui a pour but de valoriser les connaissances de l'organisation et de faciliter leur consultation. Ainsi, il existe trois types d'EC :

- L'ECD (Elément de Connaissance Documentaire) qui est produit à partir du fond documentaire et correspond au résumé d'un document.
- L'EEX (Elément d'EXpérience) qui renvoie à l'expérience acquise par une personne de l'entreprise et qui est formalisée au cours d'un entretien.
- L'ESF (Elément de Savoir-Faire) qui renvoie au savoir-faire acquis par une personne en participant à une activité particulière.

La mise en place d'une application REX comporte traditionnellement trois étapes.

Dans un premier temps, il est nécessaire de spécifier le système de gestion des connaissances qui sera mis en place. Pour ce faire, il faut prendre en compte les besoins de l'organisation, ses objectifs et construire une représentation de la situation existante en modélisant les principales activités du domaine concerné (afin de repérer les flux de connaissance entre ces activités).

Il faut ensuite dimensionner le futur système de gestion des connaissances en analysant les sources de connaissance de l'organisation (listage des fonds documentaires...) puis en estimant les EC susceptibles d'être produits à partir de ces sources. Il convient enfin d'identifier les spécialistes du domaine et de repérer les actions de valorisation à mener pour faciliter la capitalisation et le transfert des connaissances.

La deuxième étape de la mise en place d'une application REX consiste à créer les EC, à modéliser le domaine, d'où un travail d'analyse documentaire et de recueil d'expérience (via des entretiens).

Enfin, la troisième étape correspond à l'exploitation du système de gestion des connaissances créé.

4.3.2. Fiche d'identité

Nom :	REX (Retour d'expérience)
Auteur(s) :	Patrick Prieur
Objectifs de la méthode :	Capitaliser les connaissances et favoriser le retour d'expérience
Première application de la méthode :	Projet Accore (Accès aux connaissances réacteur) au CEA
Date d'élaboration :	1993
Sociétés qui diffusent la méthode :	Euriware
Pays d'origine :	France
Contexte	
Public concerné :	Tout public : cadres, experts, techniciens, administration.
Type d'entreprise concernée :	
- taille :	Indifférent
- domaine d'activité :	Indifférent

Type de problème concerné :	Amélioration de la qualité, de la fiabilité et de la sûreté/ éviter les pertes de savoir et savoir-faire.
Méthodologie	
Description de la méthode :	Trois étapes : constitution d'une base de connaissances à partir d'expériences humaines, mémorisation (décomposition en "éléments de connaissances") et valorisation de la mémoire par la réintroduction des savoir au niveau des savoir-faire individuels (réalisation de fiches par des "auditeurs").
Méthodologies concurrentes ou voisines :	MKSM, SPIRIT, SAGACE, SPIRAL.
Mise en oeuvre	
Sociétés où la méthode a été appliquée :	CEA, Aérospatial, EDF, RATP.
Exemple(s) d'application :	Conserver les connaissances lors de la mise en place de Superphenix (CEA).
Moyens mobilisés :	
- organisationnels :	Interview des experts par des "auditeurs".
Appréciation des résultats :	CEA, 1995 : en moyenne un utilisateur effectue 2 requêtes et demande 5 dossiers/an.
Points forts :	La méthode fait l'objet d'une large diffusion. Depuis sa création elle bénéficie d'un fort retour d'expérience.

4.4. KOD (KNOWLEDGE ORIENTED DESIGN)

4.4.1. Description de la méthode KOD

La méthode KOD (Knowledge Oriented Design) a été développée par Claude Vogel (anthropologue) pour fournir un support à l'activité IA de CISI Ingénierie. Cette méthode fondée sur une approche anthropologique a eu un certain succès dans l'entreprise. Elle a été diffusée par une société de services (CISI) et a longtemps été concurrente de l'approche KADS, bien qu'elle soit très différente. L'utilisation d'un jargon difficile à maîtriser a contribué à son abandon en pratique.

La société Aérospatiale avait même développé un outil informatique d'autoformation interactive pour essayer de mettre la méthode à la portée des ingénieurs d'application.

A partir du discours de l'expert, de sources documentaires, d'observations de l'analyse, la méthode KOD produit une spécification de l'expertise précisant :

- Les domaines de compétence,
- Les phases de mise en œuvre de l'expertise,
- Les taxèmes manipulés, (taxème : tout objet manipulé par l'expert pouvant entrer dans une classification)
- Les actèmes activés, (actème : élément qui décrit la cause d'un changement d'état)
- Les inférences utilisées.

Il s'agit donc de faire subir à un corpus de textes une série de filtrages :

- Le premier porte sur la personne et élimine la multiplicité des formes de surfaces résultant de l'entretien (je peux, je veux, je sais, je dis, etc.)
- Le deuxième porte sur la reconnaissance des entités manipulées par le discours, sur l'identification des comportements associés à ces entités: attribution d'une propriété ou description d'une action, et sur l'identification des inférences permettant d'interpréter ces comportements, de les prévoir ou de les expliquer.

4.4.2. Fiche d'identité

Nom :	KOD (Knowledge Oriented design)
Auteur(s) :	Claude Vogel (anthropologue)
Objectifs de la méthode :	A partir du discours de l'expert, de sources documentaires, d'observations de l'analyse, la méthode KOD produit une spécification de l'expertise
Première application de la méthode :	?
Date d'élaboration :	?
Sociétés qui diffusent la méthode :	CISI Plus diffusée actuellement
Pays d'origine :	France
Contexte	
Public concerné :	
Type d'entreprise concernée :	
- taille :	Indifférent
- domaine d'activité :	Indifférent
Type de problème concerné :	éviter les pertes de savoir et savoir-faire.
Méthodologie	
Description de la méthode :	élimination de la multiplicité des formes de surfaces résultant de l'entretien reconnaissance des entités manipulées par le discours
Outils informatiques et logiciels:	KOD Station, développé par ILOG
Méthodologies concurrentes ou voisines :	KADS
Mise en oeuvre	
Sociétés où la méthode a été appliquée :	CISI Ingénierie (activité IA)
Exemple(s) d'application :	?
Moyens mobilisés :	
- matériels :	?
- organisationnels :	?
Points forts :	fondée sur une approche anthropologique
Points faibles :	jargon difficile à maîtriser

4.5. LES LOGICIELS

Voici un groupe de logiciels associés à la méthode KADS, ces logiciels sont utilisés dans l'ordre du cycle de capitalisation de connaissances :

- **Cokace et WebCokace** : Vérifie la validité des informations avant l'intégration dans la base des connaissances.
- **CGKAT** : Acquisition de connaissances et recherche d'informations sur cette base.
- **MULTIKAT** : Comparaison des connaissances et aide à la mise en commun de plusieurs expertises d'une même information.
- **CORESE** : Moteur RDF. Où RDF est le format d'acquisition utilisé pour la base de connaissances.
- **RESEDA** : Application de la méthode sur un exemple. C'est un système d'aide à l'analyse des accidents de la route qui utilise tous les logiciels précédemment cités.

Mais, il existe d'autres logiciels associés à d'autres méthodes :

- **Méthode KOD** : KOD Station (Ilog).
- **Méthode KADS** : KADS Tools (Cap Gemini), Open KADS (Méthode KADS).

- **Recherche et indexation** : Active Watch (ARISEM), Information Server (Verity), Retrieval Ware (Excalibur), Knowledge server (Autonomy).
- **Portail et publication Web** : Knowledge Server (Intraspect), OpenPortal4u (Arisem) Knowledge Organizer (Verity), Net Portal (Meddiaps).
- **Gestion Electronique de Documents** : Panagon (Filenet), Documentum (Documentum), PowerDocks (PCDocs).
- **Fonctions de Push** : Market intelligence Manager (BackWeb), Infomagnet (CompassWare), Netcaster (Netscape).
- **Gestion connaissances et compétences** : See-K (Trivum), Hyperknowledge Builder (Hyperknowledge) Livelink (Open Text).
- **REX V4**: Une gamme de logiciels pour gérer les connaissances de l'entreprise en architecture Intranet, Plaquette de présentation, Société EURIWARE.

V. BILAN DU CHAPITRE 2

La connaissance est une idée, une notion de quelque chose, porteuse d'un renseignement, d'information. Elle est aussi synonyme de faculté de sentir, de recevoir des impressions. Il n'est donc pas étonnant que la connaissance intéresse aussi bien les sciences de l'information que les sciences humaines. Dans ce contexte, et pour un champ d'activité délimité, on désigne par connaissance la somme des expériences des experts, qui inclut les faits qu'ils ont rencontrés, mais aussi leurs méthodes, leurs actes, et la justification de ces actes. L'acquisition de connaissances est l'activité qui permet au cognitif d'identifier, de localiser, d'obtenir, de filtrer, de synthétiser, de formaliser et de rendre la connaissance disponible et exploitable.

La capitalisation des connaissances, c'est considérer les connaissances utilisées et produites comme un ensemble de richesses constituant un capital apte à être actualisé (enrichir, mettre à jour...) et partagés entre les acteurs d'un projet dans l'objectif d'augmenter la valeur de ce capital.

La 'Gestion des Connaissances est une démarche pluri-disciplinaire visant à atteindre l'objectif fixé grâce à une exploitation optimale des connaissances de l'entreprise. La gestion des connaissances, externes et surtout internes, est un concept qui peut paraître similaire de par son support technique mais qui présente une importance stratégique sur le plan du management de l'entreprise. Il existe quelques méthodes plus ou moins formelles pour supporter l'ingénierie des connaissances, telles que :

- **KADS ou CommonKADS** : (Knowledge Acquisition & Documentation Structuring) : Aide à la modélisation des connaissances d'un expert ou groupe d'experts dans le but de réaliser un système d'aide à la décision basé sur la connaissance.
- **MKSM** : (Method for Knowledge System Management) dont l'objectif est de maîtriser la complexité dans les projets de gestion des connaissances, avant d'aboutir à un projet "opérationnel".
- **REX** : (Retour d'Expériences) L'objectif est de capitaliser les connaissances et favoriser le retour d'expérience. La méthode comporte trois étapes : constitution d'une base de connaissances à partir d'expériences humaines, mémorisation (décomposition en "éléments de connaissances") et valorisation de la mémoire par la réintroduction des savoir au niveau des savoir-faire individuels (réalisation de fiches par des "auditeurs").

Références bibliographiques

- [Bidal et al. 2002] Bidal Christophe, Bordier Paul-Eric, Brethous Grégory, Caumes Sébastien ; « knowledge management, Dossier sur la Capitalisation de Connaissance » EPITA Promotion 2002
- [Breuker, 1987] Breuker Joost, Model Driven Knowledge Acquisition. Interpretation Models. Deleverable A1, Esprit Project 1098 Memo 1987, VF project Knowledge Acquisition in formals domains.
- [Breuker et al. 1994] Breuker J., Van de Velde W. : CommonKADS Library for Expertise Modelling., IOS Press, 1994.
- [De Azevedo, 1997] de Azevedo. Contribution à la modélisation des connaissances à l'aide des systèmes multi-agents. Thèse de Doctorat de l'Université de Technologie de Compiègne, 1997.
- [Dieng, 1990] Dieng Rose, Méthodes et outils d'acquisition des connaissances. Rapport de recherche n°1319, novembre 1990, INRIA.
- [Eichenbaum et al. 1994] Eichenbaum C., Malvache P. et Prieur P., La Maîtrise du Retour d'Expérience avec la méthode REX, Performances Humaines et Techniques, Mars-Avril 1994.
- [Ermine et al. 1996] Ermine J.L., Chaillot M., Bigeon P., Charreton B. et Malavieille D. — MKSM : Méthode pour la gestion des connaissances, Ingénierie des systèmes d'information, AFCET-Hermès, vol. 4, n°4, pp. 541-575, 1996.
- [Ermine, 1998] Ermine Jean-Louis, Capter et Créer le capital savoir, Réalités Industrielles, Annales de l'Ecole des Mines, 1998.
- [Ermine, 1999] Ermine J.L. — Capitaliser et partager les connaissances avec la méthode MSKM. Traité IC2, volume capitalisation des connaissances, Hermès, Paris (1999).
- [Grundstein, 1995] Michel Grundstein, La Capitalisation des Connaissances de l'Entreprise, Système de Production des Connaissances. Actes du Colloque L'Entreprise Apprenante et les Sciences de la Complexité, Aix en Provence, France, 22-24 Mai 1995. Edité sous forme d'ouvrage collectif sous la direction de Jeanne Mallet : L'organisation Apprenante. Faire, chercher, comprendre (Tome 2). Université de Provence, 1996.
- [Grundstein et al. 1988] Michel Grundstein, Patrick de Bonnières, Serge Para: Les Systèmes à Base de Connaissances, Systèmes Experts pour l'Entreprise. AFNOR Gestion, 1988.
- [Grundstein 2001] Michel Grundstein, From capitalizing on Company Knowledge to Knowledge Management, chapter 12, pp. 261-287, in Knowledge Management, Classic and Contemporary Works by Daryl Morey, Mark Maybury, Bhavani Thuraisingham, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2000. ISBN 0-262-133384-9 (hc.). Edité en janvier 2001.
- [Grundstein, 2002] Michel Grundstein, « de la capitalisation des connaissances au renforcement des compétences dans l'entreprise étendue » 1er Colloque du groupe de travail Gestion des Compétences et des Connaissances en Génie Industriel, GCC-GI02 12-13 décembre 2002 – Nantes (France)
- [Hickman et al. 1989] Hickman F.R., Killin J., Land L., Mulhall T., Porter D., Taylor R.M, Ellis Horwood, Analysis for Knowledge-Based Systems, a Practical Guide to the KADS Methodology. 1989.
- [Kolodner, 1993] J. Kolodner, Case-Based Reasoning, Morgan Kaufmann Publishers, CA, 1993.
- [Malvache et al. 1991] Malvache P. et al., Gestion de l'expérience de l'entreprise : la méthode REX, Génie Logiciel & Systèmes Experts, EC2, juin 1991.
- [Marchand et al. 1996] Marchand Y., J-L.Guérin, J-P.Barthès. From a set of technical documents to an hypertext. Proceedings of WebNet'96, 15-19 Octobre 1996, San-Francisco. ISBN 1-880094-24-X. pp 336-341.

- [Midler, 1993] Christophe Midler : "L'auto qui n'existait pas. Management des projets et transformation de l'entreprise", InterEditions, 1993 (Nouveau tirage 1996).
- [Nonaka et al. 1995] Nonaka I. et Takeushi H. — The knowledge creating company : How Japanese Companies create the dynamics of innovation, Oxford University press, 1995 (traduction française : la connaissance créatrice : la dynamique de l'entreprise apprenante, De Boeck Université S.A., 1997).
- [Nonaka et al. 1998] Ikujiro Nonaka, Noboru Konno: The Concept of "Ba": Building a Foundation for Knowledge Creation. In California Management Review, Spring 1998 VoL 40, N°3, Special Issue on Knowledge and the Firm, edited by Robert E. Cole, HAAS School of Business, Berkeley, CA.
- [Planès et al. 1993] Planès J.-C., P. Trigano. Semantic Analysis of Economic Surveys. Applied Artificial Intelligence. 1993.
- [Polanyi, 1966] Michael Polanyi : The tacit Dimension. Routledge & Kegan Paul Ltd, London, 1966.

Sommaire chapitre 3

LA DYNAMIQUE DES CONNAISSANCES DANS LES OUTILS DE CONCEPTION -----	55
I- INGENIERIE DES CONNAISSANCES EN CONCEPTION COLLABORATIVE -----	55
1. MODELES PRODUIT -----	55
1.1. LES MODELES PRODUIT ORIENTES INTEGRATION METIERS -----	55
1.2. LES MODELES PRODUIT ORIENTES FONCTIONS -----	55
1.3. MODELES ORIENTES CAPITALISATION ET REUTILISATION DES CONNAISSANCES -----	57
1.4. MODELES PRODUITS MULTI-VU -----	58
2. MODELES PROCESSUS DE CONCEPTION -----	59
2.1. LES MODELES ETAT-TRANSITION -----	60
2.2. MODELES POUR LA CAPITALISATION ET LA REUTILISATION DES CONNAISSANCES -----	60
2.3. LES MODELES GRAPHE D'ETAT DU PROCESSUS -----	60
2.4. LES MODELES GENERIQUES MULTI-PROJETS -----	61
2.5. LES MODELES GRAPHE DU PROCESSUS DE CONCEPTION -----	61
II- PROJET DEKLARE -----	62
1. EXPLOITATION DES CONNAISSANCES DANS L'ACTIVITE DE CONCEPTION -----	62
2. LA MODELISATION DU PRODUIT -----	63
2.1. LE MODEL PHYSIQUE -----	63
2.2. LE MODELE FONCTIONNEL -----	63
2.3. LE MODELE GEOMETRIQUE -----	64
LES CONTRAINTES -----	64
3. LA MODELISATION DU PROCESSUS DE CONCEPTION -----	65
4. LA MISE EN ŒUVRE -----	66
III- MEMOIRE DE PROJET -----	66
1. INTRODUCTION -----	67
2. DEFINITION -----	67
3. RECHERCHE D'INFORMATION DANS UNE ACTIVITE DE CONCEPTION -----	68
4. MODELE DE MEMOIRE DE PROJET -----	68
1.1. MEMOIRE DE CARACTERISTIQUES DE PROJET -----	69
1.2. MEMOIRE DE LOGIQUE DE CONCEPTION -----	69
IV- LA THEORIE C-K -----	70
1. POURQUOI UNE NOUVELLE THEORIE DE CONCEPTION ? -----	70
2. LES PRINCIPES DE LA THEORIE CONCEPT - CONNAISSANCE (THEORIE C-K) -----	70
2.1. DEFINITION DE LA CONCEPTION -----	70
2.2. L'ESPACE DES CONCEPTS -----	71
3. DISJONCTIONS ET CONJONCTIONS ; LA DYNAMIQUE DE LA CONCEPTION -----	73
4. LES QUATRE OPERATEURS DE C-K ET LE "DESIGN SQUARE" -----	74
4.1. LES OPERATEURS EXTERNES -----	74
4.2. LES OPERATEURS INTERNES -----	75
4.3. LE DESIGN SQUARE ET LA DYNAMIQUE DE C-K -----	75
V- BILAN DU CHAPITRE 3 -----	76
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES -----	78

Chapitre 3 :

LA DYNAMIQUE DES CONNAISSANCES DANS LES OUTILS DE CONCEPTION

I- INGENIERIE DES CONNAISSANCES EN CONCEPTION COLLABORATIVE

Au terme de la description du caractère multi acteurs de la conception routinière multi acteurs, nous soulignons l'importance de la disponibilité et l'échange d'une grande variété de connaissances. Celles-ci concernent à la fois le produit à concevoir et son processus d'obtention.

La capitalisation des connaissances vise à la fois la préservation, le partage et surtout la réutilisation d'un savoir-faire généré au fil des projets de conception. L'effort de capitalisation passe plus concrètement par la modélisation ayant comme objectif de diminuer le temps de conception, en réutilisant ce qui est déjà validé, pour se concentrer uniquement sur les nouveaux choix à gérer pour une nouvelle solution. De nombreux auteurs ont proposé des modèles à base de connaissances visant à la conception routinière.

1. Modèles produit

Un modèle produit décrit les différentes connaissances relatives à un produit. Plusieurs travaux traitant la modélisation de produit suggèrent une représentation multi vues : fonctionnel, structurel, géométrique, physique [Tollenaere, 1994]. La modélisation multi vue est utilisée pour des raisons à la fois de complexité des produits et de diversité des connaissances issues de divers métiers. Dans tous les cas, le concepteur est confronté au problème de cohérence des connaissances relatives au produit. Il est donc indispensable de renforcer ces modèles par des formalismes assurant la cohérence des connaissances.

1.1. LES MODELES PRODUIT ORIENTES INTEGRATION METIERS

[Tichkiewitch, 1996] propose un modèle produit multi vues permettant la coopération entre les acteurs de la conception. Ce modèle est construit de façon à stocker, dans une même base, tous les éléments utilisés par chaque métier et leurs interactions. Chaque acteur rajoute une contrainte liée à son métier. Ce modèle permet de structurer et d'associer des composants dans un système par la spécification des différents liens. Un lien correspond à une caractéristique externe du composant et les relations expriment les liaisons entre les liens. Trois règles sont associées à ce concept : une règle de composition/décomposition pour représenter les détails des composants, une règle de substitution pour remplacer une relation entre liens par un ensemble composant/lien/relation et enfin une règle de représentation multi vues. Pour définir le produit, chaque acteur se connecte à la base commune et dispose ainsi de bibliothèques d'entités (composant, lien, relation) et d'un jeu de règles spécifiques à son métier.

1.2. LES MODELES PRODUIT ORIENTES FONCTIONS

Pour faciliter le passage de l'expression du besoin à la définition du produit, [Dupinet, 1991] a proposé d'utiliser des graphes pour représenter le produit. Plusieurs graphes ont été

construits pour intégrer les fonctions, l'architecture et les choix technologiques : le "graphe logique" pour représenter les fonctions du produit, le "graphe technologique" pour représenter les contacts entre les surfaces fonctionnelles et le "graphe produit" pour vérifier la cohérence des deux premiers graphes. Les graphes sont utilisés pour spécifier les éléments du modèle produit : entité, fonction, frontière, composant et contrainte. L'entité est définie comme l'objet le plus élémentaire, la fonction exprime l'interaction entre des entités, la frontière est constituée d'un ensemble d'entités qui interagissent avec l'environnement du produit, le composant est un assemblage d'entités et la contrainte traduit toutes les dépendances et relations entre les éléments.

[Constant, 1996] propose de compléter l'approche graphe produit de façon à ce que le modèle prenne d'abord en compte les fonctions à satisfaire et d'intégrer ensuite un continuum entre les aspects structurel et fonctionnel. Pour fournir une description formelle des spécifications, le modèle s'appuie sur le concept de flux physique qui traverse les surfaces fonctionnelles. Un composant est identifié par ses frontières constituées de surfaces fonctionnelles. Le modèle distingue trois classes de fonctions : principales, dépendantes et auxiliaires. La figure 3-1 présente un exemple de représentation fonctionnelle d'un disque de frein. Les lettres montrent les liens pouvant être traversés par un flux, alors que les nombres indiquent les surfaces qui y sont impliquées. Pour modéliser un produit, une approche sur trois niveaux est utilisée. Le système est d'abord isolé de son environnement par la définition des frontières, ensuite les actions dans lesquelles doit intervenir le produit sont identifiées et enfin, le produit est décomposé en sous-produits pour définir sa structure interne.

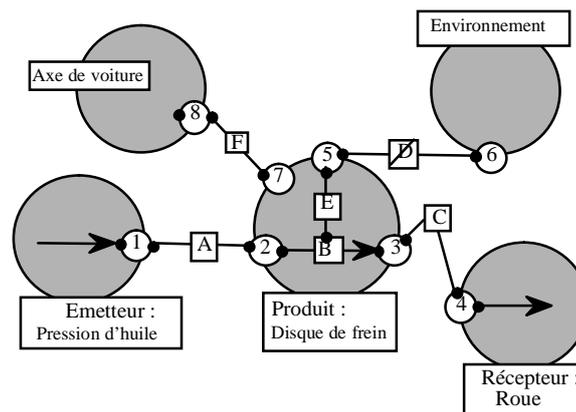


Figure 3-1. Modèle fonctionnel d'un disque de frein [Tollenaere et al. 1997]

S'inspirant des concepts introduits par Dupinet, [Eynard, 1999] propose un modèle produit pour décrire les projets de conception en termes d'objectifs à atteindre. Le formalisme proposé est constitué de quatre éléments : fonctions, contraintes métiers, entités technologiques et entités frontières. Les fonctions définissent les objectifs de la conception. Une fonction, définie par des paramètres et des contraintes, établit la relation entre deux entités technologiques. Une entité technologique est spécifiée à partir de la fonction par une identification des entités frontières.

Une contrainte métier limite le domaine de variation des paramètres des entités frontières d'une fonction donnée selon un point de vue. L'entité technologique est un objet conceptuel en cohérence avec la fonction. Elle est caractérisée par des paramètres et ses entités frontières.

L'entité frontière assure l'interface entre la fonction et l'entité technologique. Ce modèle produit évolue progressivement d'un état de connaissance à un autre et en fonction de l'état obtenu, des décisions sont prises par le concepteur. Chaque état est identifié par ses fonctions, ses entités frontières et technologiques, une application qui associe à chaque fonction un

couple d'entités technologiques, et une application partielle qui associe à chaque couple (fonction, entité technologique) une seule entité frontière.

1.3. MODELES ORIENTES CAPITALISATION ET REUTILISATION DES CONNAISSANCES

[Harani, 1997] a développé un modèle produit pour la capitalisation et la réutilisation des connaissances. Il est destiné à représenter toutes les informations liées à un produit conçu ou à concevoir. Le modèle est construit sur trois niveaux conceptuels. Le niveau d'abstraction est défini par un méta-modèle où tous les concepts de base sont définis. Ensuite, le concepteur élabore la conception spécifique à son domaine qui génère le modèle de produit spécifique à exploiter au dernier niveau de réalisation. Le modèle est structuré de manière à permettre la définition du produit à partir des spécifications extraites du cahier des charges, à maintenir à jour la connaissance produit et à conserver l'historique de conception à des fins de réutilisation. Les informations du modèle sont contenues dans les concepts : produit, paramètre et point de vue.

Le concept produit est introduit pour caractériser les descriptions initiales du produit, pour récupérer les informations relatives à un produit déjà conçu et pour spécifier la structure qui va ensuite recevoir toutes les informations à conserver lors de la conception d'un produit. Pour cela, il est relié aux deux autres concepts paramètre et point de vue. A travers le concept paramètre sont représentées les spécifications quantitatives. Elles sont soit imposées par le cahier des charges, soit calculées durant le processus de conception. Le concept point de vue est introduit pour prendre en compte les différentes perceptions qu'ont les concepteurs du produit (fonctionnel, comportemental et structurel).

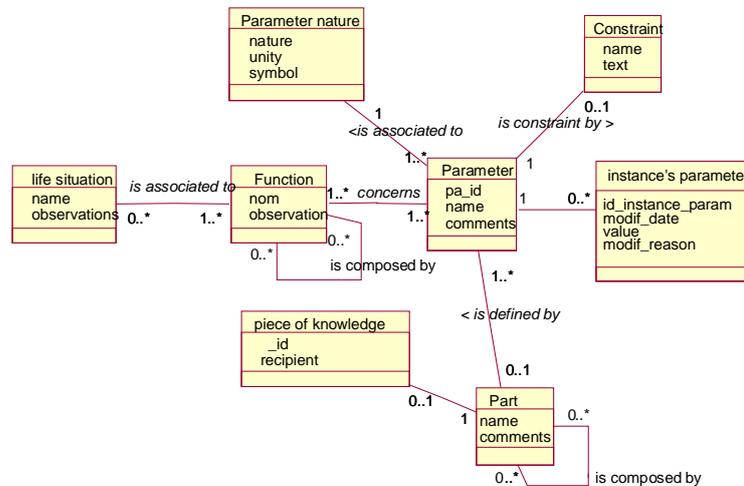


Figure 3-2. Modèle Produit [Menand et al. 2001]

[Menand, 2002] a développé un méta-modèle produit (Figure 3-2) pour formaliser la connaissance relative à un produit. Un référentiel métier est proposé au travers de ce méta-modèle dans un contexte de conception multi acteurs, multi projets et multi sites. Les connaissances relatives au produit sont contenues dans quatre concepts : fonction, situation de vie, article et paramètre. Le modèle est composé de trois niveaux d'abstraction. Au plus haut niveau, le modèle générique qui permet de décrire la connaissance générique de conception. L'instanciation de ce modèle sur un domaine donné constitue le modèle du niveau domaine décrivant les connaissances propres au domaine. Enfin, après instanciation de ce dernier sur un projet, on obtient le modèle projet qui permet de décrire la connaissance du niveau projet, qui permet la capture des résultats et de l'historique du déroulement d'un projet.

Le méta-modèle permet donc de formaliser le produit avec ses fonctions et ses situations de vie et de garder une trace des contraintes rencontrées en conception et des choix effectués en conséquence. Enfin, après la composition des deux référentiels (domaine et projet), le référentiel métier est obtenu par double instantiation (pour le domaine et le projet) du référentiel de conception générique. Le méta-modèle est élaboré avec une approche UML.

1.4. MODELES PRODUITS MULTI-VU

[Vargas, 1995] et [Saucier, 1997] proposent un méta-modèle multi vues permettant la description d'une famille de produits. L'objectif principal est d'intégrer le point de vue géométrique au même titre que d'autres points de vue. Ils proposent d'intégrer dans un même modèle les aspects fonctionnel, physique et géométrique du produit. Le modèle fonctionnel permet de représenter une décomposition arborescente des fonctions que peut satisfaire une classe de produits. Les nœuds de l'arbre décrivent les fonctions, les fonctions élémentaires ou les solutions techniques, et les feuilles correspondent aux entités. Les arcs de l'arbre supportent des liens de décomposition fonctionnelle et des liens sémantiques. Le modèle fonctionnel est établi à partir des connaissances conceptuelles disponibles. A partir de ces fonctions, les solutions techniques sont répertoriées et les entités définissant les solutions techniques sont paramétrées. Le modèle physique définit la décomposition structurelle des variantes de la classe de produits. Il repose sur une décomposition arborescente qui a pour nœuds intermédiaires des assemblages, des assemblages élémentaires ou des pièces, et pour feuilles des entités. Les arcs décrivent les liens sémantiques pouvant être obligatoires ou optionnels. Cet arbre est obtenu à partir des données techniques (nomenclatures).

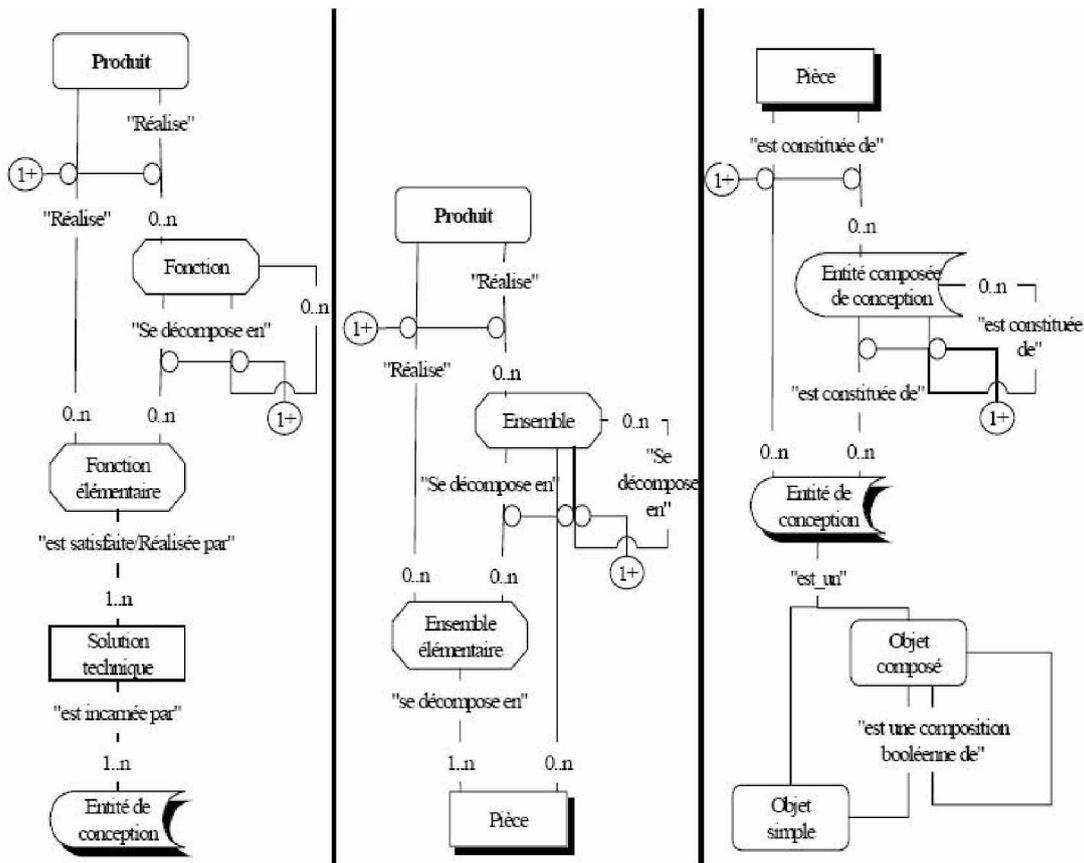


Figure 3-3. Modèles Produit [Sellini, 1999] [Yvars, 2001]

Les entités définissent l'interface entre les deux modèles. Elles représentent les parties constitutives des pièces. En effet, si le concepteur souhaite réutiliser une pièce existante, les

fonctions sont instanciées à partir des entités de cette pièce et s'il décide de travailler sur les fonctions, la pièce se construit progressivement par les entités identifiées dans le modèle fonctionnel. Le modèle géométrique est utilisé pour représenter chaque objet par des éléments géométriques élémentaires que peuvent fournir les modeleurs CAO.

[Yvars, 2001] a proposé une évolution du modèle de Saucier. Le méta-modèle produit proposé s'articule autour de trois points de vue de base : structurel, fonctionnel et géométrique (Figure 3-2). Pour décrire une classe de produits, les trois modèles de départ utilisent des mécanismes de contraintes. Les contraintes définissent les relations d'agencement des composants et les diverses configurations d'un produit. Pour rendre explicite la connaissance relative aux choix de variantes, le concept de connecteurs sur relations est introduit. Les connecteurs sont des méta-contraintes portant sur d'autres contraintes. Elles conditionnent l'existence des entités et l'association d'autres. Les entités contiennent elles-mêmes des contraintes. Elles sont gérées par un moteur de propagation.

Les travaux du projet SHOOD [Tollenaere, 1995] proposent une modélisation structurelle et fonctionnelle du produit. Ce modèle utilise deux types d'entités : les fonctions et les éléments structurels. Le modèle proposé est présenté sous forme d'une matrice avec deux axes perpendiculaires : un axe horizontal pour la décomposition fonctionnelle et un axe vertical pour la décomposition structurelle (Figure 3-4). Le but principal est de représenter explicitement les liens entre fonction et structure. Une fonction peut nécessiter plusieurs éléments structurels et un élément structurel peut contribuer à plusieurs fonctions.

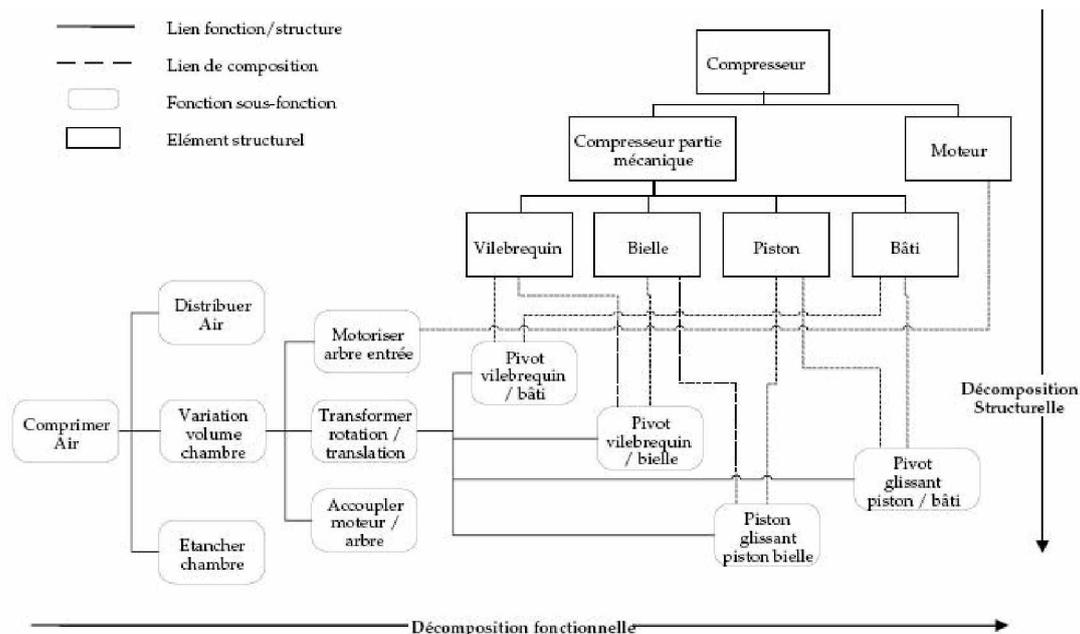


Figure 3-4. Modèle du produit Compresseur [Tollenaere, 1995]

2. Modèles processus de conception

La plupart des concepteurs présentent leur démarche de conception par un enchaînement de tâches mettant en évidence les étapes de l'activité de la conception. La définition d'un modèle processus de conception consiste à spécifier et à guider l'évolution des états du modèle produit le long du projet pour aboutir à un produit spécifique. Il consiste également à décrire les flux d'information traversant les différentes représentations du produit. L'objectif du modèle processus est de modéliser, mais aussi d'instancier et d'exécuter des processus établis pour la conception. Nous présentons dans ce qui suit quelques principaux modèles processus de conception.

2.1. LES MODELES ETAT-TRANSITION

A son modèle produit, [Dupinet, 1991] associe un modèle processus de conception. Le processus est segmenté en états de conception correspondant à l'ensemble des informations présentes dans le modèle produit avant qu'intervienne un nouveau choix du concepteur. Chaque choix est assimilé à une transition entre deux états de conception. Le processus de conception est décomposé en cinq phases : l'élaboration et la transcription du cahier des charges, l'analyse fonctionnelle et technique du produit, la conception des détails, l'optimisation après choix de fonction, et enfin la simulation, pour visualiser le comportement du système. Au graphe produit, Dupinet associe un graphe "état-transition" pour mémoriser les choix justifiés tout au long du processus. Pour gérer le modèle produit, des mécanismes ont été définis : un mécanisme de recherche de solution qui correspond à la sélection de composants basée sur la logique, un mécanisme d'instanciation généralisée permettant à chaque objet d'avoir des caractéristiques différentes des autres, et un mécanisme de raffinement consistant à affiner la connaissance d'un composant en fonction des exigences technologiques et enfin le mécanisme de parcours de graphes.

2.2. MODELES POUR LA CAPITALISATION ET LA REUTILISATION DES CONNAISSANCES

[Harani, 1997] a proposé un modèle multi niveaux de processus de conception. L'objectif est de fournir les supports adéquats à la formalisation de tout processus, d'aider à spécifier les étapes de conception et de pouvoir conserver le savoir des concepteurs en gardant une trace de leurs raisonnements. Les informations du modèle processus de conception sont contenues dans trois composantes couvrant les concepts : processus de conception, tâche, ressources et état. Le concept processus de conception représente un enchaînement de tâches de conception mettant en évidence les étapes clés de l'activité de conception. A l'aide de ce concept tâche sont définies toutes les tâches de conception. Une tâche peut être élémentaire ou décomposable en un ensemble de sous tâches. L'exécution d'une tâche se fait à partir de ressources de conception regroupées dans le concept ressources (logiciel ou méthode de calcul par exemple). Le concept état est défini pour conserver les états d'exécution du processus de conception et ceux des tâches.

La notion de produit n'a de sens qu'au travers du processus qui le conçoit de même que le processus de conception porte sur la dynamique d'un produit. Pour cela et afin d'assurer la cohérence de l'approche générique, un couplage entre le modèle de produit et le modèle de processus est proposé.

2.3. LES MODELES GRAPHE D'ETAT DU PROCESSUS

[Ouazzani, 1999] a proposé une méthode SAGEP (Système d'Aide à la Gestion du Processus) pour modéliser dynamiquement le processus de conception. C'est une représentation multi niveaux, développée dans une perspective d'acquisition et de capitalisation des historiques de conception. La décomposition de la conception est utilisée pour faire apparaître la dynamique qui existe entre les objectifs et les états du processus de conception. La structure d'objectifs est utilisée pour décrire et sauvegarder la décomposition et le raffinement des objectifs de conception. Chaque objectif est caractérisé par son existence, sa nature, sa valeur et son statut. La structure d'objectifs est modélisée par un arbre. Les nœuds représentent les objectifs et sous objectifs de la conception et les arcs décrivent les liens de décomposition ou de raffinement. La structure d'objectifs est couplée à un graphe d'état de conception. Le graphe d'état permet de décrire le processus de conception d'une manière dynamique et hiérarchique. Le processus de conception est défini alors comme une suite d'états qui définissent, à un niveau donné du processus, les objectifs courants ainsi que leur statut.

Le changement d'état signifie soit la réalisation ou le changement d'un ou plusieurs objectifs. Les états successifs sont reliés par des sessions. Une session est une représentation agrégée d'actions physiques (relatives au produit : génération, instanciation) ou de gestion (relatives au processus : choix, validation).

2.4. LES MODELES GENERIQUES MULTI-PROJETS

[Menand, 2002] propose, au travers d'un méta-modèle, une structuration de référentiel métier générique. Le méta-modèle processus de conception formalise les données et connaissances génériques du processus et de ses tâches. Ce méta-modèle est composé de méta-classes concernant le domaine et le projet sur lequel le processus de conception se déroule. Le méta-modèle processus est décomposé en deux modèles. Le modèle domaine est obtenu par l'instanciation du méta-modèle générique et constitue un référentiel métier générique du domaine.

Le modèle domaine est à son tour instancié sur chaque projet. Le modèle projet comporte l'historique du projet. Le modèle du processus offre une sémantique qui permet de capturer les informations relatives au processus et les flux d'information entre acteurs. Des éléments de ce modèle sont partagés avec les éléments du modèle produit. Les tâches du processus sont associées aux fonctions du produit. Le méta-modèle processus de conception est utilisé pour définir les paramètres du méta-modèle produit. En effet, les classes paramètres sont communes aux deux modèles, permettant ainsi leur liaison, et les instances paramètres sont associées aux instances tâches.

2.5. LES MODELES GRAPHE DU PROCESSUS DE CONCEPTION

Le modèle processus de [Vargas, 1995] a pour but de formaliser la connaissance de manière déclarative et permet de représenter la suite de tâches à effectuer. Il est composé d'un ensemble de tâches (problèmes à résoudre), d'un ensemble de méthodes (manières de résoudre des tâches) et d'un ensemble de méthodes élémentaires (calculs et dialogues avec l'utilisateur). Les tâches et les méthodes sont organisées sous la forme d'un graphe ET/OU (Figure 3-5). Cet arbre fournit une structure détaillée des problèmes à résoudre.

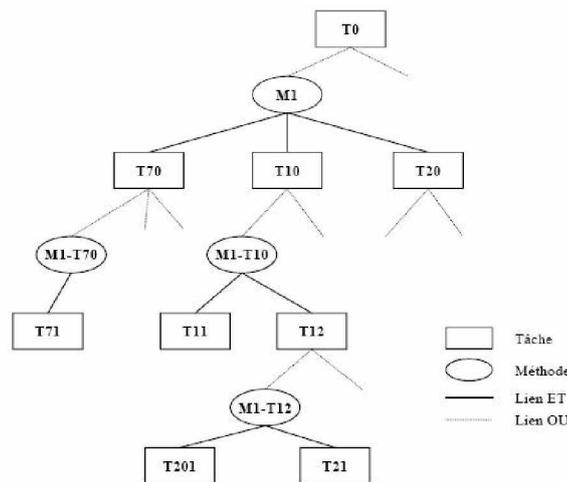


Figure 3-5. Arbre tâches/méthodes [Vargas, 1995]

Chaque tâche contient plusieurs méthodes et chaque méthode peut être dédiée à une ou plusieurs tâches. La mise en œuvre du modèle processus de conception nécessite deux étapes : la définition statique qui correspond à l'identification et la hiérarchisation des problèmes à résoudre, et la définition dynamique, qui décrit le comportement du modèle par des algorithmes de résolution des tâches. Pour instancier les modèles produits, le raisonnement du

concepteur est modélisé sous forme de stratégies de résolution. Par l'intermédiaire du modèle processus, le concepteur est amené à faire des choix d'une tâche, d'une méthode et de valeurs pour un composant. Chaque choix est alors soumis à un ensemble de contraintes. Le formalisme proposé est basé sur la propagation de contraintes. Les contraintes de structure sont utilisées pour modéliser les relations booléennes de l'arbre tâches/méthodes, les contraintes de résolution pour limiter les valeurs possibles des paramètres de chaque composant et les contraintes intervenant en cours du processus et qui ne sont activées que lorsque la méthode qui les contient est sélectionnée. Les valeurs des paramètres peuvent être sélectionnées par une heuristique ou calculées par un algorithme. Les méthodes sont également choisies par une heuristique ou en fonction de certaines priorités prédéfinies. Dans le cas où un choix s'avérerait incohérent, le mécanisme de retour arrière (backtrack) est utilisé.

Une extension de ce modèle a été introduite par [Lenguin, 1996] [Sellini, 1999] et [Yvars, 2001]. Pour modéliser le processus de conception, ils ont établi une analogie entre les notions utilisées au sein du méta-modèle produit et la représentation du processus de conception. Les connaissances de stratégie de conception sont modélisées de façon déclarative par des connecteurs qui peuvent être posés entre les tâches et les méthodes. Les connecteurs logiques affectent l'état des tâches modélisées par des relations logiques (et, ou, implication) et les connecteurs temporels modélisent l'ordre d'exécution des tâches et méthodes par des relations de précedence, de parallélisme, de synchronisation et d'initialisation.

II- PROJET DEKLARE

1. Exploitation des connaissances dans l'activité de Conception

La conception est une activité qui nécessite la maîtrise de systèmes complexes, et donc la mise en œuvre de connaissances (principes théoriques, constats empiriques,...) et de compétences multiples. Concevoir c'est d'une part définir les spécifications que l'objet à concevoir doit respecter, et d'autre part définir le processus permettant la réalisation de cet objet en satisfaisant toutes les spécifications préalablement identifiées. Les choix de conception s'alimentent des savoirs obtenus dans d'autres phases du cycle de vie du produit, et des retours d'expérience.

La technologie KBE (Knowledge Based Engineering) s'appuie sur la mise en œuvre de techniques logicielles avancées permettant de capitaliser, et de réutiliser des connaissances dans une optique de conception intégrée d'un produit. En automatisant des tâches de conception répétitives, et en intégrant des domaines d'expertise multidisciplinaires, les applications générées constituent un support aux activités d'ingénierie en réduisant les temps de conception de gammes de produits.

En 1992, PSA Peugeot Citroën s'est engagé dans le programme DEKLARE (DEsign KnowLedge Acquisition and Redesign Environment) qui est proposé par Vargas [Vargas, 1995] et Saucier [Saucier, 1997] [Saucier et al. 1994]. Tout d'abord, dans le cadre d'un projet Esprit III, puis dans la réalisation d'applications industrielles. Le projet ESPRIT III DEKLARE a permis de définir un modèle de représentation de connaissances de conception en ingénierie des systèmes mécaniques, s'intéressant plus particulièrement à la modélisation de problèmes relevant de la conception routinière [Mahe, 1998]. Un langage de développement d'application d'aide à la conception associé à un outil informatique à base de contraintes, interfacé avec des modeleurs de CAO (CATIA, IDEAS), a été défini. L'ensemble a été validé chez PSA par la réalisation d'une maquette logicielle - interfacée avec CATIA - d'aide à la conception de culasses automobiles. DEKLARE décrit le produit de plusieurs manières (point de vue physique, fonctionnel, géométrique et de contrainte).

Le formalisme de modélisation doit permettre à la fois de représenter la classe de produit à concevoir (modèle produit) et la démarche de conception à mettre en œuvre pour concevoir un produit de la famille (modèle du processus de conception).

2. La modélisation du produit

Le modèle du produit propose trois points de vue : fonctionnel, physique et géométrique.

2.1. LE MODEL PHYSIQUE

Le modèle physique (voir un exemple figure 3-6) est très connu. Il consiste en la décomposition d'un objet en entités élémentaires (le modèle physique peut être une nomenclature). Un modèle physique est générique et est paramétré (par exemple si on prend l'objet vélo, deux de ces paramètres sont la couleur et sa masse, un des paramètres des roues est le diamètre...). Un modèle produit physique gère aussi la diversité. Il peut également être instancié (par exemple le vélo de madame Dupont est rouge, il a des roues de diamètre X, il pèse Y kilogrammes...).

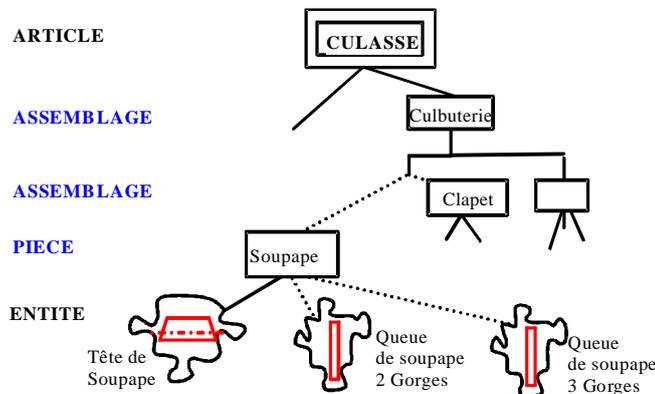


Figure 3-6. Le modèle physique de Vargas [Vargas, 1995]

2.2. LE MODELE FONCTIONNEL

Il permet de représenter l'arborescence des fonctions à satisfaire par l'ensemble des produits potentiels de la classe. Tout d'abord, les fonctions sont identifiées, puis les solutions techniques associées à chaque fonction élémentaire sont répertoriées. Enfin, les entités définissent les zones (groupement sémantique caractérisé par un ensemble de paramètres, de granularité inférieure à la pièce) affectées par ces solutions techniques. Il autorise également la description des différentes solutions techniques possibles pour la réalisation de chaque fonction élémentaire. L'incarnation d'une solution technique s'effectue par la définition d'entités. La figure 3-7, illustre un exemple de modèle fonctionnel :

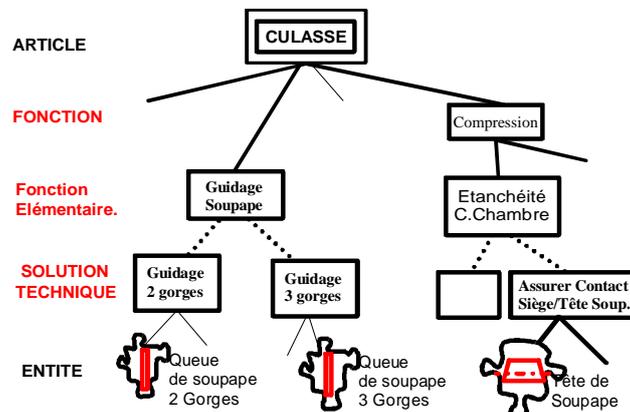


Figure 3-7. Le modèle fonctionnel de Vargas [Vargas, 95]

- Une fonction globale : la “Compression”,
- Des fonctions élémentaires : “Guidage Soupape”,... Cette dernière est satisfaite par deux types de solutions (une seule à la fois pourra être choisie), soit un guidage 2 gorges, soit 3 gorges. Les entités représentent les zones (“queue de soupape”,...) des pièces mises en œuvre pour incarner ces solutions.

Le modèle fonctionnel permet de représenter la structure des différentes variantes du produit de la classe. Il repose sur une décomposition arborescente d’assemblage et sous assemblage pour aboutir aux pièces élémentaires. Il est obtenu à partir des documents d’expertise, des plans et des documentations techniques (nomenclatures, comptes-rendus d’étude de cas, etc.).

2.3. LE MODELE GEOMETRIQUE

Ce modèle établit un lien entre un objet et sa représentation géométrique par l’intermédiaire d’une représentation orientée objet des éléments géométriques de base disponibles dans les modeleurs traditionnels.

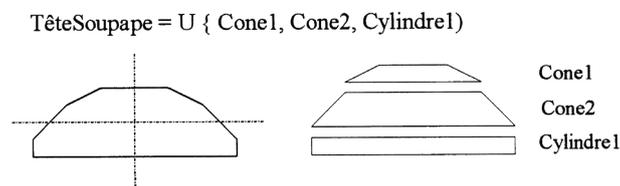


Figure 3-8. Exemple de modèle géométrique pour la tête de soupape

La figure 3-8 montre la description géométrique d’une tête de soupape à base de primitives géométriques élémentaires. Ainsi, la description géométrique de la tête de soupape correspond à l’union booléenne de deux cônes et d’un cylindre.

LES CONTRAINTES

Elles permettent d’exprimer des relations devant être vérifiées entre des éléments des modèles physique, fonctionnel et géométrique. Une contrainte pourra donc concerner un nombre quelconque de paramètres de pièces différentes. Elles peuvent être de nature numériques, symboliques ou géométriques.

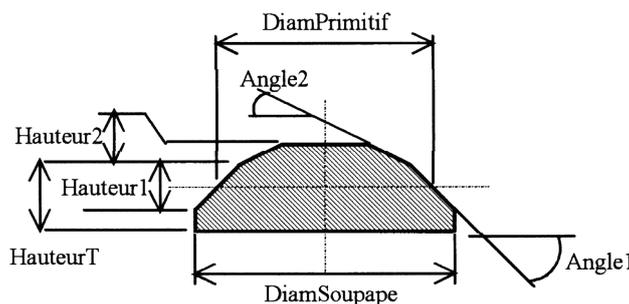


Figure 3-9. Exemple de contrainte portant sur la tête de soupape.

La tête de soupape est décrite avec un ensemble de paramètres (figure 3-9). Une contrainte locale à la tête de soupape est :

$$DiamSoupape = DiamPrimitif + 2 \frac{Hauteur1}{\tan(Angle1)}$$

Dans ce cas le paramètre *DiamPrimitif* dépend des caractéristiques du moteur :

$$DiamPrimitif = \frac{DiamAlesage}{1.3 * \sqrt[3]{\frac{2100}{Course * N}}}$$

Cette dernière expression correspond à une contrainte globale.

3. La modélisation du processus de conception

Le modèle du processus de conception permet de représenter la suite de tâches à effectuer pour concevoir un objet donné. Il est composé des éléments suivants :

- Les Tâches : elles représentent les différents problèmes à résoudre ou buts à atteindre en cours de conception,
- Les Méthodes : elles représentent les différentes solutions possibles,
- Les Méthodes élémentaires : elles permettent le dialogue avec l'utilisateur, l'exécution de formules de calculs ou de requêtes ponctuelles (en dehors du modèle géométrique) avec le modéleur de CAO.

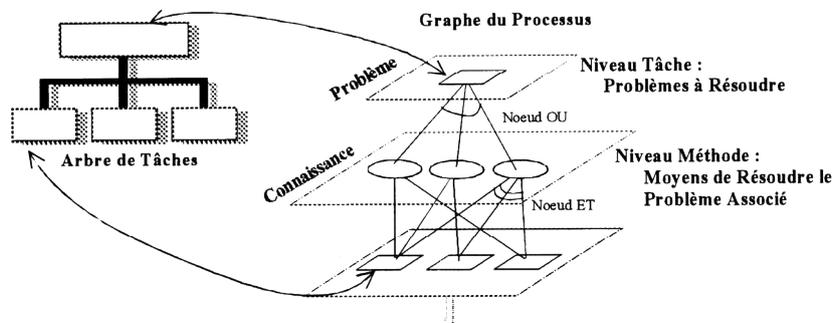


Figure 3-10. Graphe du Processus de Conception

L'arbre des tâches est une représentation statique du processus de conception. Il fournit une structure détaillée des problèmes à résoudre (figure 3-10). Chaque tâche contient plusieurs méthodes. Chaque méthode possède plusieurs tâches. Si les tâches représentent une structure de type problème sous problème, les méthodes représentent les différents moyens de résoudre chaque sous problème. L'ensemble des Tâches / Méthodes est ainsi organisé sous la forme d'un graphe ET /OU (figure 3-10).

La mise en œuvre du modèle du processus de conception, nécessite la définition des aspects statiques et dynamiques de ce modèle :

- Définition statique : identification des tâches et méthodes,
- Identification des problèmes à résoudre et hiérarchisation en vue d'indiquer la priorité d'exécution quand celle-ci est obligatoire et bien définie,
- Définition de la dynamique du modèle (résolution des problèmes).

Les aspects dynamiques du modèle permettent au concepteur de définir sa propre stratégie de résolution (au sens métier du terme), tout en ayant une représentation globale des différentes tâches (problèmes) à résoudre.

Les différentes tâches du modèle du processus sont obtenues à partir d'une analyse des problèmes posés par le concepteur. Les tâches ne correspondent pas à une description de la façon de concevoir chaque composant du modèle physique ou fonctionnel du produit. En effet, il est rare dans la conception d'organes mécaniques de réduire le processus de conception à la définition de l'artefact pièce par pièce, puisque comme nous l'avons vu les problèmes rencontrés par le concepteur sont fortement liés entre eux.

4. La mise en œuvre

La mise en œuvre d'une application permet à l'utilisateur d'exploiter dynamiquement le modèle du processus de conception et les modèles du produit, en vue de résoudre un problème de conception. Pour atteindre cet objectif, DEKLARE s'appuie sur un mécanisme de résolution basé sur la technique de "propagation de contraintes".

L'artefact peut être défini directement depuis le modèle du produit ou bien indirectement depuis le modèle du processus de conception. La cohérence de l'ensemble est gérée par un mécanisme de résolution qui s'assure que les contraintes (figure 3-11) sont respectées à tout moment du raisonnement. Par l'intermédiaire du modèle du processus de conception, le concepteur est amené à choisir des tâches à réaliser, des méthodes à exécuter, des valeurs pour un composant du produit. Chaque choix est alors confronté à l'ensemble des contraintes à respecter lors de la conception. Cette confrontation s'effectue par "propagation de contraintes". La technique employée [Mackworth, 1997] permet de supprimer automatiquement les valeurs nécessairement impossibles dans les domaines de définition des attributs non instanciés. Les domaines sont réduits en conséquence.

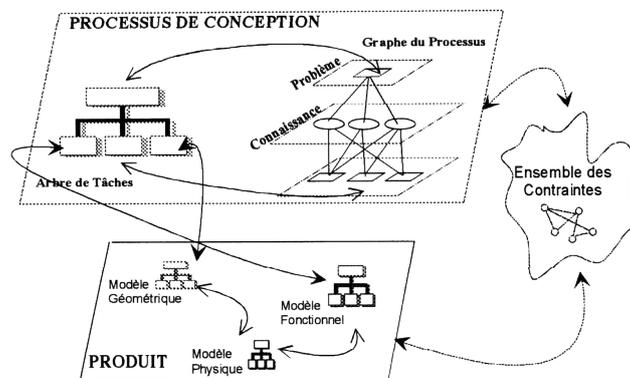


Figure 3-11. Les différents modèles

A tout moment, le concepteur peut mettre en cause les choix effectués et repartir sur d'autres hypothèses de l'arbre ET/OU des tâches et des méthodes.

L'exploitation du modèle du processus de conception peut s'effectuer sous deux formes [Sellini et al. 1998] :

- Manuelle : à chaque cycle, l'opérateur décide des choix de conception et des éventuels points de retour en arrière,
- Automatique : le système décide du choix d'une méthode, d'une tâche et des valeurs des paramètres selon les heuristiques associées à chaque nœud (OU, ET) du graphe du processus de conception. Les retours en arrière sur les points de choix sont automatiquement gérés.

III- MEMOIRE DE PROJET

La concurrence actuelle sur le marché amène les concepteurs à définir des produits d'une qualité accrue et des coûts minimaux [Herbst et al. 1997]. L'avènement des technologies de l'information ouvre de nouvelles perspectives de partage d'informations et d'expériences entre les différents acteurs dans une entreprise [Wallace et al. 1997], particulièrement les concepteurs travaillant sur un même projet.

Dans un environnement de conception collaborative, la connaissance peut être capitalisée dans une base de données (mémoire de groupe ou mémoire de projet) [Rivière et al. 1998].

Cette base de données permet à partager la connaissance entre les acteurs impliqués dans le processus de conception, et peut servir de référentiel de connaissance aux entrées ou à la sortie du processus de tâches.

1. Introduction

Les concepteurs ont besoin d'apprendre des projets passés afin de traiter de nouveaux problèmes dans leurs activités. Leurs besoins sont principalement focalisés sur différents éléments des projets passés (comme les problèmes traités dans ces projets, les décisions prises, les contraintes, les arguments, les critères, etc.). Gardoni [Gardoni 1999] dans ses travaux de thèse introduit la connaissance projet comme un concept différent de la connaissance technique d'un domaine, il s'agit alors de conserver une information dans un certain contexte (une solution répondant à un problème, un problème découlant d'une erreur).

Les problèmes rencontrés dans un projet de conception ainsi que leur résolution sont rarement formalisés en vue d'une utilisation ultérieure [Kühn et al. 1997]. Cette partie d'un projet est aussi importante à mémoriser que les caractéristiques d'un projet et son organisation. Pour résoudre ces problèmes, une mémoire de projet sera spécifiée et mise en place en intégrant les fonctionnalités et mécanismes d'utilisation et de réutilisation des processus des décisions ainsi que les liens avec les processus de gestion des connaissances. Par ailleurs les travaux, menés au sein du projet ACCACIA de l'INRIA sur la mémoire de projet [Matta et al. 1999/6] [Matta et al. 1999/11], introduit une classe spécifique de connaissances, issues des activités de projet. Elles sont liées aux décisions sur les produits, les processus, l'organisation, les caractéristiques du projet ainsi que les savoirs et savoir-faire manipulés pendant son déroulement, mais aussi leurs résultats. Les connaissances de projet sont l'ensemble des connaissances acquises et produites au cours de la réalisation des projets. Nous remarquons que ces connaissances de projet appartiennent à la fois à la dimension tacite et explicite. Une mémoire de projet doit donner accès à des informations décrivant aussi bien les caractéristiques d'un projet que celles relatives à la résolution des problèmes rencontrés lors de la réalisation du projet. Ces informations peuvent être extraites de diverses sources dans l'entreprise (Figure 3-12).

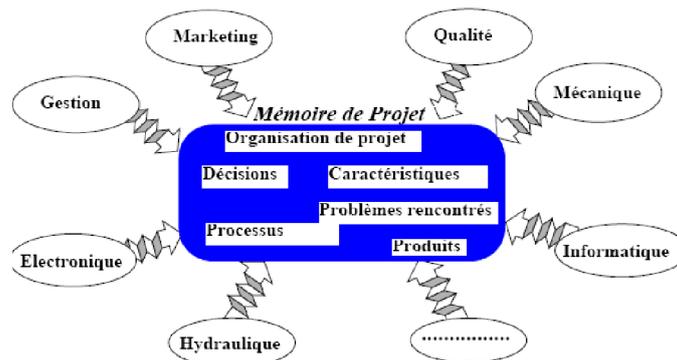


Figure 3-12. Une mémoire de projet puise des informations de diverses sources dans l'entreprise

2. Définition

D'après Matta [Matta et al. 1999/6], la mémoire projet est une matérialisation possible de la mémoire d'entreprise : La mémoire de projet est une mémoire des connaissances et des informations acquises et produites au cours de la réalisation des projets. Cette définition rejoint celles données dans la littérature comme : "Lessons and experiences from given projects" [Pomian, 1996] et "Project definition activities, history and results" [Tourtier, 1995].

3. Recherche d'information dans une activité de conception

Les concepteurs ont besoin d'apprendre des projets passés afin de traiter de nouveaux problèmes dans leurs activités. Leurs besoins sont principalement focalisés sur différents éléments des projets passés (comme les problèmes traités dans ces projets, les décisions prises, les contraintes, les arguments, les critères, etc.). La structure définie dans la figure 3-13 peut aider à la recherche de ce type d'information. Le processus de recherche d'information peut être guidée non seulement par des classifications des problèmes, des projets, etc. mais aussi par les critères de similitude entre les descriptions de projets. Ainsi, une recherche suivant une classification de concepts n'est pas suffisante. Les relations entre les éléments de projet doivent jouer un rôle important dans cette recherche d'information. Les concepteurs doivent savoir pourquoi une telle suggestion n'a pas été considérée, qui a décidé que, sous quelles contraintes, quels types de ressources ils avaient, avec quelles compétences, etc. Les concepteurs ont donc l'information contextuelle et peuvent l'utiliser efficacement dans leur activité de conception.

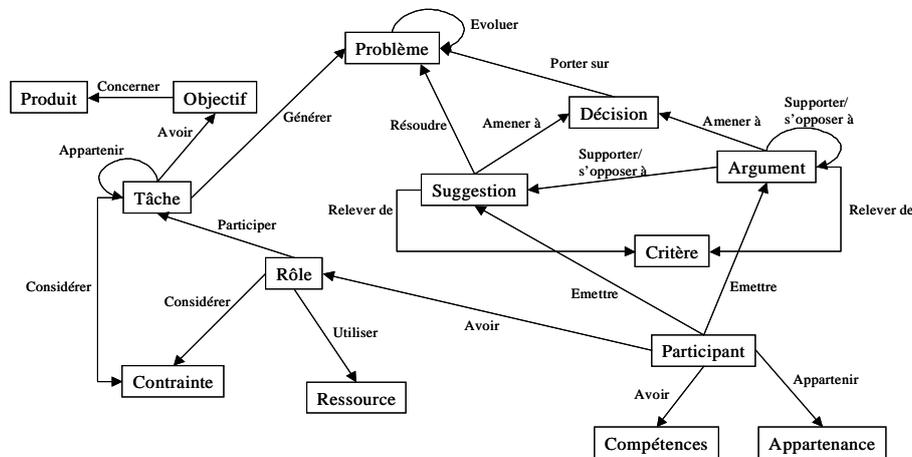


Figure 3-13. Structure d'une mémoire de projet [Bekhti et al, 2003]

La connaissance est directement extraite à partir des projets de conception est structurée dans des fichiers XML. Un secrétaire de projet peut conserver les connaissances liées au contexte et les décisions prises lors de réunions de projet en utilisant un outil (DYPKM) [Bekhti et al, 2003] qui produit directement un fichier XML. Un fichier XSL est défini afin de permettre la sérialisation en fichier RDF correspondant [RDFS, 2004]. Ces deux fichiers sont alors intégrés dans la base de connaissance afin d'offrir un moteur de recherche efficace. Pour faciliter la recherche des connaissances on utilise des moteurs de recherche sémantique, en utilisant des ontologies.

Si un concepteur veut par exemple savoir "quelles sont les compétences qui ont contribué à résoudre un problème passé et sous quels critères ?" La particularité de cette requête est que ces concepts (problèmes et compétences), ne sont pas directement reliés dans la structure de la mémoire de projet. En fait, il y a une relation entre un problème et les suggestions et les arguments. Les arguments et les suggestions sont liés aux critères qui les caractérisent. Il y a également un lien entre les arguments, les suggestions et les participants qui les ont énoncés. Pour chaque participant, ses compétences sont définies (figure 3-13).

4. Modèle de mémoire de projet

Matta N., Ribière R. et Corby O. [Matta et al. 1999/6] proposent un modèle de mémoire qui respecte la description d'un projet, tout en mettant à jour les connaissances et les informations dont les concepteurs ont besoin dans leurs activités. Le modèle se décompose en mémoire de caractéristiques de projet et de mémoire de logique de conception (figure 3-14).

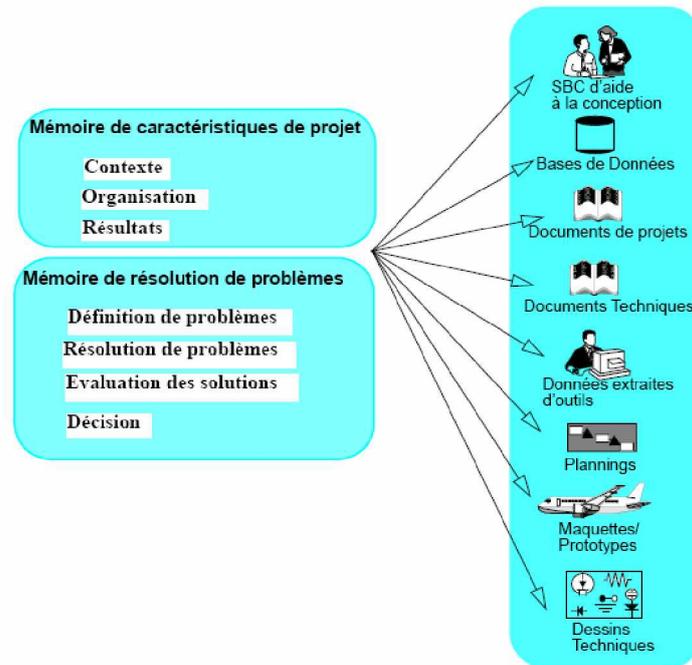


Figure 3-14. Mémoire de projet indexant différents types d'informations relatives à un projet.

1.1. MEMOIRE DE CARACTERISTIQUES DE PROJET

Cette mémoire permet d'indexer les informations qui décrivent le contexte d'un projet, son organisation et ses résultats:

- Contexte: Directives et méthodes de conception, Exigences, Règlements
- Organisation: Tâches (définition et distribution), Participants (sous groupes, tâches affectées).
- Résultats: Maquettes, Matériel, Logiciel, Documents techniques, Essais

Chaque élément de cette mémoire donne accès aux informations extraites à partir des différentes ressources de l'entreprise : Bases de connaissances d'aide à la conception, Bases de données, données extraites des outils de conception, données extraites des outils de gestion, prototypes, maquettes, etc.

1.2. MEMOIRE DE LOGIQUE DE CONCEPTION

Cette mémoire met en avant les connaissances investies dans la prise de décision dans la réalisation d'un projet ainsi que dans la gestion des incidents, à savoir les problèmes rencontrés et leur résolution:

- Problèmes rencontrés: Sujets (Propositions de conception, Exigences, Règlements), Nature, Eléments de problèmes. Notons qu'un problème peut être aussi bien un objectif à atteindre, un problème dans le processus de conception, dans l'organisation du projet qu'un problème du produit en conception.
- Résolution de problèmes: Participants, Personnes impliquées, Méthodes de résolution, Choix potentiels.
- Evaluation des solutions: Solution rejetées, Arguments de rejets, Avantages et inconvénients.
- Décision: Solution retenue, Arguments, Avantages et inconvénients.

IV- LA THEORIE C-K

1. Pourquoi une nouvelle théorie de conception ?

La théorie C-K [Hatchuel 1996] est basée sur des théories existantes de la conception, elle les réinterprète sur un modèle de raisonnement unifié. Ce modèle permet de résoudre deux problèmes rencontrés par les théories traditionnelles :

- Offrir une définition précise de la conception : cette définition doit être indépendante de n'importe quel domaine et traditions professionnelles. Elle doit donner aux « théories de conception » le même niveau de rigueur et de modélisation que nous trouvons dans la théorie des décisions et la théorie de programmation. Ceci signifie que la théorie de conception doit avoir des racines robustes liées à des issues bien identifiées dans la logique. La conception est une des plus fascinantes activités cognitive, il serait étonnant qu'une théorie de conception n'ait pas de relations avec les problèmes fondamentaux de la logique ou la rationalité qui ont été employés au cours du XXe siècle. Nous montrons ainsi la façon dont la théorie C-K établit un lien si important.
- Offrir une théorie où l'innovation et la pensée créatrice ne seront pas exclues de la théorie de conception, mais font partie de son noyau, ce qui est une nécessité logique. La conception est un processus à travers lequel des composants inconnus peuvent émerger de ceux qui sont connus. Habituellement ce processus semble contradictoire avec une théorie bien structurée. Plus une théorie de conception est rigoureuse et précise, plus elle semble exclure la créativité et l'imagination. Cependant la théorie C-K vise à réconcilier les deux buts.

2. Les principes de la théorie Concept - Connaissance (théorie C-K)

La théorie de C-K a été proposée au début par Hatchuel [Hatchuel 1996] et développée par Hatchuel et Weil [Hatchuel et al. 2002], [Hatchuel et al. 2004]. La théorie est basée sur les propositions interdépendantes suivantes qui seront présentées ici dans le cas d'un concepteur individuel. Mais la théorie peut être prolongée pour la conception collective.

2.1. DEFINITION DE LA CONCEPTION

- Nous appelons K, un "espace de la connaissance", l'espace des propositions qui ont un statut logique pour un concepteur D. Cet espace est toujours négligé dans la littérature, pourtant il est impossible de définir la conception sans un tel espace de référence.
- Nous appelons "statut logique d'une proposition", un attribut qui définit le degré de confiance que D assigne à une proposition. Dans les normes de la logique, les propositions sont "vraies ou fausses". Dans la logique non standard, les propositions peuvent être "vraies, fausses, ou indécidable" ou avoir une valeur floue. Un concepteur D peut employer plusieurs logiques. Dans notre approche nous supposons que toutes les propositions de K ont un statut logique et nous incluent ici comme statut logique tous les systèmes logiques non standard. Nous supposons pour des raisons de simplicité que pour K nous avons une logique "vraie ou fausse" classique.
- Nous appelons "concept", une proposition ou un groupe de propositions, qui n'ont aucun statut logique en K. Ceci signifie que lorsqu'un concept est formalisé il est impossible de montrer que c'est une proposition de K. En conception, un concept exprime habituellement un groupe de propriétés qualifiant une ou plusieurs entités. S'il n'y a aucun "concept" la conception est réduite à la connaissance passée.

Commentaire 1 : Cette définition clarifie l'étrangeté du raisonnement en conception. Il n'y a aucune conception s'il n'y a aucun "concept" : les concepts sont des candidats à transformer en propositions de K mais ne sont pas elles-mêmes des éléments de K. Si on considère que nous allons concevoir un objet ayant les propriétés ou les fonctions F1, f2, f3... : nous allons nécessairement dire que la proposition « objet ayant les propriétés ou les fonctions F1, f2, f3 » est ni vrai ni faux en K.

Preuve : Si la proposition était vraie en K ceci montre qu'elle entité existe déjà et que nous savons tout ce que nous avons besoin à son sujet (y compris sa faisabilité) pour évaluer les propriétés exigées. La conception s'arrêterait immédiatement ! Si la proposition était fautive en K la conception s'arrêterait également pour la raison inverse. Il est important de remarquer qu'il n'y a aucun concept intrinsèque mais relatif à K. Nous allons l'appeler la K - relativité d'un processus de conception. Cette définition capture la nature de la conception et à des conséquences opérationnelles importantes.

Commentaire 2 : souvent la conception est définie par l'intention de remplir quelques exigences, ou comme proposition de remplir quelques exigence. Ces notions ont une signification pratique quand par exemple un certain client formule une exigence et un concepteur répond par une proposition. Dans la démarche C-K la formulation des "exigence" est une première formulation de concept qui est transformé par le concepteur dans un deuxième concept appelé la proposition. Ce dernier devient un nouveau départ de conception pour le concepteur ou pour d'autres acteurs de conception. D'ailleurs, dans cette théorie la logique d'avoir "l'intention" est intégrée dans la définition d'un concept. Que signifie l'intention de concevoir ; si elle concerne quelque chose qui est déjà complètement définie en K ? Nous pouvons même caractériser le large monde "intention" dans la conception comme classe des efforts ou des contrats qui visent à apporter un concept à une certaine forme de "réalité" c.a.d un statut logique dans K [Hatchuel et al. 2003].

Comme exigé ci-dessus, la créativité est maintenant clairement intégrée dans la définition de la conception. Un concept étant ni vrai ni faux, les objectifs du processus de conception vise à transformer ce concept et transformer nécessairement K. Toutes les définitions classiques de la conception sont des cas particulier de notre définition. Si nous disons que nous devons concevoir un produit P répondant à quelques caractéristiques S, nous disons implicitement que la proposition (le produit ayant la propriété S) est un concept ! Mais souvent on oublie d'indiquer à quel K doit se référer un problème de conception. Si nous voulons concevoir une "bicyclette qui vole", nous formulons un concept relatif à l'espace de la connaissance disponible. Mais si nous disons un "bateau qui vol", alors c'est un concept seulement pour ceux qui n'ont jamais entendu parler des hydroplanes ! La K-relativité est d'intérêt central pour comprendre comment la conception est formée par différentes traditions.

2.2. L'ESPACE DES CONCEPTS

L'espace des concepts, l'ensemble des concepts et l'expansion des concepts sont de nouvelles interprétations de l'axiome « choisir » dans la théorie des ensembles.

Maintenant que nous avons une définition de la conception, nous pouvons dériver d'elle le processus de concevoir. C'est une partie cruciale de la théorie et nous allons suivre une présentation étape par étape.

2.2.1. Concepts en tant qu'ensembles de détail (specific sets)

Un "concept" C est une proposition qui n'a aucun statut logique dans un espace K (c.-à-d. ni faux ni vrai en K). Il indique que "une entité (ou le groupe d'entités) vérifie un groupe de propriétés P ". Cette définition est équivalente à définir un ensemble lié à C . Cet ensemble s'appellera également C : elle contient toutes les entités qui sont en partie définies par P . Yoshikawa [Yoshikawa, 1981], utilisations une notion semblable appelée l'entité-concept. Cependant nos prétentions au sujet du concept-ensemble sont tout à fait contraires aux siennes. L'objectif de son concept-ensemble est de capturer tous les objets existants d'un domaine et c'est, dans notre point de vue, en contradiction avec la définition de la conception. Par conséquent, en raison de notre définition de la conception, C a la propriété suivante !

2.2.2. Les concepts sont des ensembles à partir desquels nous ne pouvons pas extraire un élément !

Pourquoi une propriété si étrange ? Si nous disons que nous pouvons toujours extraire une entité du concept-ensemble, alors nous serons en contradiction avec notre proposition qu'un concept n'a aucun statut logique en K . Preuve : si nous pouvons extraire une de ces entités, ça signifie que le concept est vrai pour cette entité ; par conséquent ce ne serait pas un concept mais une proposition de K ! Cependant, pourquoi ne pas considérer toutes ces entités excepté celle-ci ? Ceci signifie que nous changeons le premier concept par une nouvelle propriété exigée (soit différente de l'entité déjà existante). A ce moment, le nouveau concept ne devrait également montrer aucun élément que nous pouvons extraire, autrement nous répéterions le même processus ! En conclusion, être un concept empêche la possibilité d'avoir des éléments qui peuvent être isolés ! Cette propriété de concept-ensemble correspond à une issue bien connue dans la théorie des ensembles : le rejet de l'axiome choisir.

2.2.3. Proposition

Dans la conception, les concepts sont des ensembles définis dans la théorie des ensembles sans "l'axiome choisir" : L'importance de l'axiome choisir dans la théorie des ensembles est primordiale [Kanamori, 1996]. L'axiome choisir indique qu'il est toujours possible "de trouver" un élément d'un ensemble, et accepter ou rejeter l'axiome choisir commande la nature des mathématiques. Notre définition de la conception semble maintenant profondément enracinée dans les questions fondamentales des mathématiques. Les concepts des besoins de conception et les concepts sont des ensembles où nous ne pouvons pas accepter l'axiome choisir. Mais, les concepts sont toujours des ensembles ! Nous savons à travers le théorème célèbre de Paul Cohen en 1965 [Kanamori, 1996] que l'axiome choisir est indépendante des autres axiomes de la théorie des ensembles : Ceci signifie que tout en rejetant l'axiome choisir nous pouvons encore employer toutes les propriétés et les opérations de base des ensembles pour des concepts !

2.2.4. Le concept-ensemble

Le concept-ensemble peut seulement être divisé ou inclus, ne pas être "recherché" ou être "exploré" : la conséquence pratique du rejet de l'axiome choisir est immédiate : nous ne pouvons pas "explorer" le concept ou "rechercher" dans un tels ensembles ! Preuve : comment nous faisons cela, s'il est impossible d'extraire un élément ! Les métaphores de " l'exploration" ou de " la recherche" confondent ce fait pour la conception. Ceci explique pourquoi les études empiriques sont ainsi embarrassé pour trouver " le processus recherche" dans les activités de la conception [Busby et al. 1999]. Maintenant, si nous ne pouvons pas rechercher un concept, que peut on faire ? Nous pouvons seulement créer un nouveaux concepts (nouvelles ensembles) par l'addition ou en la soustraction de propriétés. Si nous ajoutons de nouvelles propriétés nous allons diviser l'ensemble en sous-ensembles ; si nous soustrayons des

propriétés nous faisons inclure l'ensemble dans un ensemble qui le contient. Rien ne peut être fait autrement dans l'espace C, mais c'est assez pour atteindre de nouveaux concepts. Si on ajoute ou on soustrait des propriétés nous pouvons changer les statuts des concepts. Preuve : Chaque fois que nous faisons une opération comme celle-ci, nous pouvons produire une nouvelle proposition de K. Considérons les "bicyclettes avec des pédales et des ailes efficaces" comme concept (relativement à notre espace de connaissance). Si nous allons soustraire la propriété "avoir les ailes efficaces", nous obtenons des "bicyclettes avec des pédales" qui n'est pas un concept mais une proposition vraie (par conséquent appartient à K) ! La transformation renversée est une partition des "bicyclettes avec des pédales" dans deux ensembles de concepts : " bicyclettes avec des pédales et des ailes efficaces" et "bicyclettes avec des pédales et sans ailes efficaces". Nous obtenons ainsi un concept pour ceux qui n'ont jamais vu "une bicyclette qui vole" (différent des "motos qui volent" qui existent déjà) et qui ne peuvent pas dire si elles existeront un jour. Ces opérations élémentaires sont toutes ce que nous avons besoin pour définir à un niveau de généralité plus élevé le processus de la conception !

3. Disjonctions et conjonctions ; La dynamique de la conception

Le processus d'ajouter et de soustraire des propriétés aux concepts ou aux propositions est un mécanisme central de la conception : il peut transformer des propositions de K en concepts de C et réciproquement. Définissons avec plus de précision ces processus.

- Nous appelons "disjonction" une opération qui transforme des propositions de K en concepts ($K \rightarrow C$) ; et nous appelons "conjonction" l'opération inverse ($C \rightarrow K$).
- Ce qui apparaît habituellement comme solution de l'une conception ce que nous appelons une "conjonction". Qu'est ce que ça signifie ? ça signifie que nous avons obtenu un concept qui est caractérisé par un nombre de propositions qui peuvent être établies comme vraies ou fausses en K. Cela signifie également que nous avons maintenant atteint une définition d'une entité qui tient compte de toutes les connaissances existantes et accomplit une série de propriétés liées au concept initial. C'est une "définition" précise de l'entité que nous avons voulu concevoir. La définition de l'objet que nous voulons concevoir est équivalent à dire que nous l'avons conçu !. Une autre remarque importante est que cette définition est encore associée à un ensemble d'entités en K et nous pouvons maintenant accepter l'axiome choisi dans cet ensemble. Enfin dans notre théorie, concevoir un concept est transformer un ensemble où l'axiome choisi est rejeté dans un ensemble où on l'accepte. Pourtant ce dernier ensemble existe seulement en K. Pourquoi avons-nous besoin de l'axiome choisi ici ? Précisément pour pouvoir parler d'une solution, mais il est possible de supposer que la conception ne finit jamais dans une solution mais dans une ensemble-solution en K : l'idée classique de la tolérance géométrique dans la conception mécanique est exactement la même idée. Nous ne concevons jamais un objet géométrique mais un ensemble d'objets géométriques définis par la l'intervalle de tolérance.
- Définition 2 : La conception est le processus à travers lequel les disjonctions de $K \rightarrow C$ sont produites, puis augmentées par la partition ou l'inclusion dans la Conjonctions $C \rightarrow K$.
- Proposition : l'espace des concepts a une structure basée sur une arborescence. Preuve : Un espace de concepts est nécessairement à structure arborescente comme les seules opérations permises sont des partition et des inclusions et nous devons admettre au moins une disjonction initiale (c'est un résultat classique dans la théorie des graphiques). Plusieurs théories de conception emploie la structure arborescente pour

représenter le raisonnement de la conception [Marples, 1960] mais elles l'ont mal interprété comme processus de décomposition. La structure arborescente apparaît parce que nous pouvons seulement ajouter ou soustraire des propriétés. Ajouter des propriétés à un concept revient à décomposer un concept en sous concepts : c'est une illusion, comme dans la conception l'arborescence est nécessairement une "expansion" du concept. Pour comprendre ce point de vue, nous devons distinguer entre les deux type de partitions : respectivement, restriction et extension de partition.

- Définition de la restriction et de l'extension des partitions : Si la propriété que nous avons ajouté à un concept est déjà connue (dans K) comme une propriété des entités concernées, nous l'appelons une restriction de partition; si la propriété que nous avons ajoutons n'est pas connue en K comme une propriété des entités concernées, nous aurons une extension de partition. Autrement, la restriction signifie détailler la description avec des attributs déjà connus, alors que l'extension signifie ajouter une nouvelle topologie d'attribut. Exemple : Si nous avons à concevoir un "système pour arrêter une voiture en cas de danger extrême", nous n'allons pas partitionner cet ensemble avec les propriétés connues des " freins pour voiture ", nous devons augmenter le concept en permettant de nouvelles propriétés des freins ou du moteur. La nécessité de l'extension des partitions dans la conception explique pourquoi Yoshikawa [Yoshikawa, 1981] trouve "des fonctions inattendues" pour une "solution" mais il néglige l'importance profonde de ce résultat dans la définition du processus de conception.
- La créativité et l'innovation sont dues à l'extension des partition des concepts : Ceci indique également pourquoi la créativité est établie dans notre définition de la conception : les concepts peuvent être librement augmenté nous aurons une augmentant des propriétés. Mais d'où ces propriétés viennent-elles ? La réponse unique est de K ! Et ceci montre comment l'inconnu vient de ce qu'est déjà fourni et connu nous acceptons le concept comme véhicule !

Nous avons maintenant tous les composants pour présenter la théorie C-K comme une théorie unifiée de conception.

4. Les quatre opérateurs de C-K et le "design square"

Toutes les propositions précédentes définissent la conception comme processus produisant la co-expansion de deux espaces : les espaces des concepts C et les espaces des connaissances K. Sans la distinction entre les expansions de C et de K, la conception disparaît ou elle serait réduite au calcul ou à l'optimisation. Ainsi, le processus de conception est décrété par les opérateurs qui permettent à ces deux espaces la co-expansion. Chaque espace aidant l'autre pour augmenter. Ceci accentue la nécessité de quatre opérateurs différents pour établir le processus entier. Deux peuvent s'appeler "externes" : de C à K et de K à C ; et deux sont "internes" : de C à C et de K à K. Donnons nous quelques indications sur chaque opérateur. La forme des quatre opérateurs que nous appelons « design square ». Une étude complète de ces opérateurs est au delà de la portée de cet article d'introduction.

4.1. LES OPERATEURS EXTERNES

K à C : Cet opérateur permet d'ajouter ou de soustraire aux concepts C quelques propriétés venant de K. Il crée des « disjonctions » quand il transforme des éléments de K en concept. Ceci correspond également à ce qui s'appelle habituellement la « génération des solutions de rechange ». Cependant, les concepts ne sont pas des solutions de rechange mais

des « éléments » potentiels pour des alternatives. Cet opérateur augmente l'espace C avec des éléments venant de K.

$C \rightarrow K$: cet opérateur recherche des propriétés en K qui peuvent être ajoutées ou soustraites pour atteindre des propositions ayant un statut logique ; il crée les conjonctions qui pourraient être acceptées en tant que « conceptions finies » (une qualification K-relative). Pratiquement, il correspond aux outils ou aux méthodes de validation dans la conception classique : consulter un expert, faire un essai, un plan d'expérimentation, un prototype, une maquette sont des exemples communs des opérateurs de $C \rightarrow K$. Ils augmentent la connaissance disponible en K tout en étant déclenché par l'expansion du concept en C.

4.2. LES OPERATEURS INTERNES

$C \rightarrow C$: cet opérateur est en sorte les règles classiques dans la théorie des ensembles qui commandent la partition ou l'inclusion. Mais il peut être enrichi au besoin par des règles d'uniformité en C.

$K \rightarrow K$: cet opérateur est en sorte les règles classiques en logique qui permettent à un espace de connaissance d'avoir une auto expansion.

4.3. LE DESIGN SQUARE ET LA DYNAMIQUE DE C-K

La figure 3-15 montre une combinaison des quatre types d'opérateurs dans ce qui peut s'appeler la " design square ". Il donne la structure fondamentale du processus de conception. Il illustre également l'importance de définir la conception sur des concepts et la connaissance. Ce modèle évite la logique classique des étapes de conception de "l'abstrait au concret" ou du "rugueux au détailler". Ce sont des positions trop normatives : les "détails" peuvent venir d'abord dans une conception s'ils ont une puissance de division forte ; et les étapes inattendues pourraient résulter d'une expansion étonnante de la connaissance. L'opposition classique entre les linéarités et la turbulence disparaît : les innovations ont pu résulter de tous les deux.

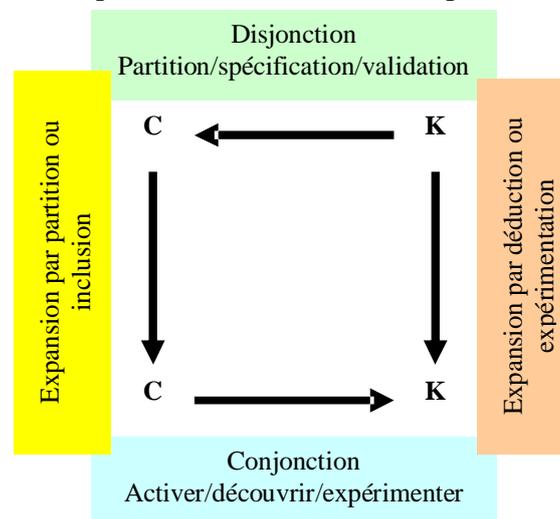


Figure 3-15. Le design square

Une autre illustration de la dynamique de C-K est donnée dans Figure 3-16. Nous identifions la structure arborescente de C, alors que la structure de K pourrait être différente. L'analyse de la structure de K est difficile et elle serait trop longue pour la discuter ici. Nous voyons également dans cette image que n'importe quelle expansion en C est dépendante de K et réciproquement. N'importe quel choix d'expansion ou non en C est dépendant de K. Par analogie, n'importe quelle création en K exige un déplacement en C par un certain chemin. La

conception commence par une disjonction et par convention ne " se termine " que si une certaine conjonction existe et sera jugé comme "solution" relativement à K.

Vu la formulation précise de nos prétentions et la dynamique des quatre opérateurs, nous espérons que le lecteur sera convaincu que notre approche n'est pas une métaphore ou un modèle de conception mais une théorie de conception. Au moins, nous avons mis nos conditions initiales requises : nous avons intégré la créativité dans la définition de la conception et nous avons établi le processus par lequel la co-expansion de la connaissance et des concepts devient possible [Hatchuel et al. 2004].

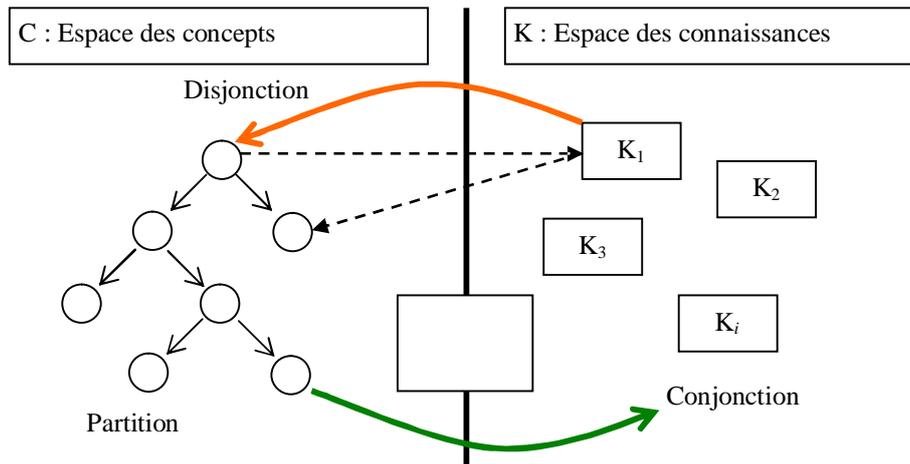


Figure 3-16. La dynamique de C-K

D'ailleurs la théorie de C-K offre les résultats suivants :

- Elle offre une forme universelle de raisonnement qui décrit comment nous pouvons penser à quelque chose que nous connaissons partiellement et l'augmentons à une certaine définition inconnue, sans se perdre dans le processus.
- Elle permet d'étudier les conditions portant sur n'importe quel processus de conception : Comment est ce que les disjonctions ou les conjonctions sont-elles possibles ? Quelle est l'influence de notre connaissance et apprentissages sur la conception ?

V- BILAN DU CHAPITRE 3

La conception est une activité qui nécessite la maîtrise de systèmes complexes, et donc la mise en œuvre de connaissances (principes théoriques, constats empiriques,...) et de compétences multiples. Concevoir c'est d'une part définir les spécifications que l'objet à concevoir doit respecter, et d'autre part définir le processus permettant la réalisation de cet objet en satisfaisant toutes les spécifications préalablement identifiées.

DEKLARE (DEsign KnowLedge Acquisition and Redesign Environment), Ce projet à travers des formalismes de modélisation permet à la fois de représenter la classe de produit à concevoir (modèle produit) et la démarche de conception à mettre en œuvre pour concevoir un produit de la famille (modèle du processus de conception).

Il décrit le produit de plusieurs manières (point de vue physique, fonctionnel, géométrique et de contrainte). Le modèle du processus de conception permet de représenter la suite de tâches à effectuer pour concevoir un objet donné (tâches, méthodes et méthodes élémentaires)

Parmi les projets qui ont traité les problèmes de capitalisation des connaissances on distingue ACCACIA de l'INRIA sur la mémoire de projet. Les travaux menés au sein de ce

projet introduisent une classe spécifique de connaissances, issues des activités de projet. Elles sont liées aux décisions sur les produits, les processus, l'organisation, les caractéristiques du projet ainsi que les savoirs et savoir-faire manipulés pendant son déroulement, mais aussi leurs résultats. Les connaissances de projet sont l'ensemble des connaissances acquises et produites au cours de la réalisation des projets. Nous remarquons que ces connaissances de projet appartiennent à la fois à la dimension tacite et explicite.

La théorie C-K stipule que la conception oscille de l'espace des concepts (C) à l'espace des connaissances (K) en co-construisant le produit et les connaissances qui le supporte. Le premier espace définit le produit, le deuxième espace définissant le processus de conception. Ceci correspond à un modèle produit - processus, se déclinant en concept - tâche, voire en paramètre - contrainte. Cette théorie est basée sur une structuration en OPERATEURS qui manipulent des éléments de produits ou des éléments de connaissance pour construire le (design square).

Références bibliographiques

- [Bekhti et al, 2003] Bekhti S., Matta N., Project memory: An approach of modelling and reusing the context and the de design rationale, Proceedings of IJCAI'03 (International joint of conferences of Artificial Intelligence) Workshop on knowledge management and organisational memory, Accapulco, 2003.
- [Busby et al. 1999] Busby J.A. and Lloyd P.A., "Influences on Solution Search Processes in Design Organisations", Research in Engineering Design, Vol. 11, no. 3, 1999, pp. 158-171.
- [Constant, 1996] D. Constant, Contribution à la spécification d'un modèle fonctionnel de produits pour la conception intégrée de systèmes mécaniques, Thèse Université Joseph Fourier - Grenoble I, France, 1996.
- [Dupinet, 1991] E. Dupinet, Contribution à l'étude d'un système informatique d'aide à la conception de produits mécaniques par la prise en compte des relations fonctionnelles, Thèse Ecole Centrale de Paris, France, 1991.
- [Eynard, 1999] B. Eynard, Modélisation du produit et des activités de conception – Contribution à la conduite et à la traçabilité du processus d'ingénierie, Thèse Université Bordeaux 1, France, 1999.
- [Gardoni 1999] Gardoni M. Maitrise de l'information non structurée et capitalisation de savoir et savoir-faire en ingénierie intégrée. cas d'étude aérospatiale, Thèse de Doctorat, Université de Metz (EADS), 2000.
- [Harani, 1997] Y. Harani, Une approche multi-modèles pour la capitalisation des connaissances dans le domaine de la conception, Thèse Institut National Polytechnique Grenoble, France, 1997.
- [Hatchuel, 1996] Hatchuel A., "Théories et modèles de la conception, Cours d'ingénierie de la conception", Paris, Ecole des mines de Paris, 1996.
- [Hatchuel et al. 2002] Hatchuel A. and Weil B., "C-K Theory: Notions and Applications of a Unified Design Theory", Proceedings of the Herbert Simon International Conference on " Design Sciences ", Lyon, 2002, pp. 22.
- [Hatchuel et al. 2003] Armand Hatchuel et Benoît Weil ; A new approach of innovative design : an introduction to C-K theory, International Conference on Engineering Design ISED03 Stockholm, August 19-21, 2003
- [Hatchuel et al. 2004] Armand HATCHUEL, Pascal LE MASSON et Benoit WEIL : C-K Theory in Practice: Lessons from Industrial Applications, on international design conference-DESIGN 2004 Dubrovnik, May 18 - 21, 2004.
- [Herbst et al. 1997] J. Herbst, J. Bumiller, Towards Engineering Process Management Systems, In Proceed- ings of CEE: Building Tomorrow's Virtual Enterprise, Germany, April 1997.
- [Kanamori, 1996] Kanamori A., "The Mathematical Development of Set Theory from Cantor to Cohen", The Bulletin of Symbolic Logic, Vol. 2, no. 1, 1996, pp. 1-71.
- [Kühn et al. 1997] O. Kühn, A. Abecker, Corporate Memories for Knowledge Management in Industrial Practice: Prospects and Challenges. Journal of Universal Computer Science, 3(8), p. 929-954, 1997.
- [Lenguin, 1996] C. Lenguin, Spécification pour un langage de représentation du processus de conception en génie mécanique, Mémoire de DEA de Production Automatisée, ENS Cachan, Université Nancy I, 1996.
- [Mackworth, 1997] Mackworth A., "Consistency in networks of relations in Artificial Intelligence", Artificial Intelligence n° 8, pp 99-118, 1977.
- [Mahe, 1998] Hervé Mahe Une démarche et des outils d'aide à la conception d'ensembles mécaniques dans l'industrie automobile, dossier - Signaux n°92 - Mars 1998.

- [Marples, 1960] Marples D.L., "The Decision of Engineering Design", London, The Institution of Engineering Designers, 1960.
- [Matta et al. 1999/6] Matta N., Corby O. and Ribière M. ; Définition d'un modèle de mémoire de projet, Rapport de recherche INRIA N° 3720 Juin 1999.
- [Matta et al. 1999/11] Matta N., Corby O. and Ribière M. ; Méthodes de capitalisation de mémoire de projet, Rapport de recherche INRIA (N° 3819 Novembre 1999).
- [Menand et al. 2001] S. Menand, M. Tollenaere, MULTI - a tool and a method to support collaborative functional design, International Conference on Engineering Design ICED'01, Glasgow, Scotland, 2001.
- [Menand 2002] Menand S., « Modélisation pour la réutilisation du processus de conception Multi acteurs de produits industriels » Thèse de Doctorat de l'institut National Polytechnique – Grenoble, janvier 2002.
- [Ouazzani, 1999] A. Ouazzani, Représentation dynamique du processus de conception : une perspective de capitalisation de l'historique de conception, Thèse Ecole Centrale de Paris, France, 1999.
- [Pomian, 1996] J. Pomian, Mémoire d'entreprise, techniques et outils de la gestion du savoir. Ed Sapientia 1996
- [RDFS, 2004] RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema W3C Recommendation, February 10, 2004 Dan Brickley, R.V. Guha, eds.
- [Ribière et al. 1998] Ribière M., Matta N., Cointe C. "A proposition for managing project memory in concurrent engineering", Proceedings of International Conference on Computational Intelligence And Multimedia Applications (ICCIMA'98), Churchill, Australia, 1998.
- [Saucier et al. 1994] Saucier A., Vargas C., Albert P., Court P., Yvars P. A., "Compared application of two knowledge modelisation methodologies on a car engine cylinder head design problem", IFIP International Conference, Feature Modeling & Recognition in Advanced CAD/CAM systems, Valenciennes, may 1994.
- [Saucier, 1997] A. Saucier, Un modèle multi-vues du produit pour le développement et l'utilisation de systèmes d'aide à la conception en ingénierie mécanique, Thèse Ecole Normale Supérieure de Cachan, France, 1997.
- [Sellini et al. 1998] Sellini F., Yvars P. A., "Méta modèle déclaratif pour la représentation du produit en conception mécanique", IDMMME'98, mai 1998.
- [Sellini, 1999] F. Sellini, Contribution à la représentation et à la vérification des modèles de connaissances en ingénierie d'ensembles mécaniques, Thèse Ecole Centrale de Paris, France, 1999.
- [Tourtier, 1995] P. A. Tourtier, . Analyse préliminaire des métiers et de leurs interactions. Rapport intermédiaire, projet GENIE, INRIA-Dassault-Aviation, 1995.
- [Tichkiewitch, 1996] S. Tichkiewitch, Specifications on integrated design methodology using a multi-view product model, Engineering System Design and Analysis Conference – ASME'96, Montpellier, 1996.
- [Tollenaere, 1994] M. Tollenaere, Contribution à la modélisation de connaissances pour la conception mécanique, Habilitation à diriger des recherches, Université Joseph Fourier Grenoble I, 1994.
- [Tollenaere, 1995] M. Tollenaere, Projet Shood, Modélisation objet pour la CFAO : modèle de conception, Rapport de fin de contrat, L3S, Grenoble, 1995.
- [Tollenaere et al. 1997] M. Tollenaere, D. Constant, Linking conceptual and embodiment design of mechanical systems, International Conference on Engineering Design - ICED'97, Tampere, 1997.
- [Vargas, 1995] C. Vargas, Modélisation du processus de conception en ingénierie des systèmes mécaniques. Application à la conception d'une culasse automobile. Thèse de l'ENS Cachan, France, 1995.

- [Wallace et al. 1997] K. Wallace, J. Matheson, C. Hogue, D. Isgrove, Three Years of Running an Integrated Design Project at Cambridge, Proceedings of ICED, Tampere, August 1997.
- [Yoshikawa, 1981] Yoshikawa H., "General Design Theory", in Man-Machine Communication in CAD/CAM. Proceedings of The IFIP WG 5.2-5.3 Working Conference 1980 (Tokyo), ed. Sata T. and Warman E., North Holland, Amsterdam, 1981, pp. 35-57.
- [Yvars, 2001] P.A. Yvars, Contribution à la représentation des connaissances en ingénierie intégrée de produits et de systèmes automatisés de production, Habilitation à diriger des recherches, Institut National Polytechnique de Grenoble, France, 2001.

Sommaire chapitre 4

MULTI UN OUTIL D'AIDE A LA CONCEPTION FONCTIONNELLE	82
I- INTRODUCTION	82
II- MULTI ET SES TROIS NIVEAUX DE CONNAISSANCES	82
III- CHOIX D'UN FORMALISME	86
IV- EXPERIENCE « DIRECTION ASSISTEE »	86
1. LES ARTICLES	86
2. LES FONCTIONS	87
3. LES CONTRAINTES DE CYCLE DE VIE	89
4. LE PROCESSUS DE CONCEPTION	90
V- EXPERIENCE CLIMATISATION	90
1. LE PROCESSUS DE CONCEPTION CIBLE	91
2. LES ACTEURS	91
3. LE REFERENTIEL METIER POUR LA CONCEPTION DES SYSTEMES DE CLIMATISATION	92
3.1. RECUEILLIR LES CARACTERISTIQUES DU PRODUIT	92
3.2. RECUEILLIR LES CARACTERISTIQUES DU PROCESSUS DE CONCEPTION FONCTIONNELLE	97
3.3. APPLICATION DU FORMALISME UML	97
VI- BILAN DU CHAPITRE 4	102
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	104

Chapitre 4 :

MULTI UN OUTIL D'AIDE A LA CONCEPTION FONCTIONNELLE

I- INTRODUCTION

Depuis une vingtaine d'années, les grands groupes industriels, comme PSA Peugeot Citroën, se sont transformés progressivement en intégrateurs ou assembleurs d'équipements ou d'organes. Ces assembleurs sont devenus des maîtres d'œuvre se dotant de méthodes de conception de systèmes et d'intégration d'équipements, laissant de plus en plus à des fournisseurs externes la réalisation de ces derniers. Vis à vis des démarches de conception, les fournisseurs ne peuvent qu'emboîter le pas de leurs donneurs d'ordres à plusieurs titres :

- Soit parce qu'ils sont partis prenantes dans des schémas de co-conception avec leurs donneurs d'ordres,
- Soit parce qu'ils doivent répondre de façon concurrentielle à des cahiers des charges exprimés en terme de besoins et d'obligation de résultats, engageant fortement leur responsabilité civile, commerciale et financière, vis à vis de solutions innovantes, qu'ils ont à concevoir, réaliser et qualifier.

Traditionnellement dans un bureau d'étude, des informations sur un composant donné de conception sont stockées dans une variété de formats (par exemple texte, schémas, modèles informatique) et souvent dans plusieurs endroits. La conception d'un modèle de données qui peut communiquer des données efficacement entre de diverses étapes de conception est essentielle. Au moyen de ce modèle de données, un système de conception intégrée peut représenter les dispositifs physiques et les composants d'un artefact plutôt que les primitifs graphiques uniquement. Dans un environnement de conception collaborative, les connaissances doivent être capitalisées dans une base de données (mémoire de groupe). Cette base de données doit permettre le partage des connaissances entre les différents acteurs impliqués dans le processus de conception et servir de référentiel de connaissance pour les entrées et sortie de chaque tâche du processus.

MULTI [Menand et al. 2001] est un outil d'aide à la conception collaborative. Le modèle de connaissance de MULTI vise à être générique à toute conception de produit. Il décrit le niveau générique des connaissances relatives à un produit et à un processus de conception et permet l'émergence des solutions par l'intégration des contraintes et des exigences révélant du cycle de vie du produit (phases et situation de cycle de vie).

II- MULTI ET SES TROIS NIVEAUX DE CONNAISSANCES

La thèse de Sébastien Menand soutenue en janvier 2002 [Menand 2002] a proposé des modèles pour la capitalisation et la réutilisation des connaissances en conception routinière dans un contexte de co-conception (projet MULTI). Cette thèse conduite sous forme de convention CIFRE avec PSA s'est appuyée sur l'exemple de la conception des directions assistées automobiles. Un ensemble de modèles allant du paramètre élémentaire à la notion de projet a permis de structurer l'information et les connaissances en trois niveaux, le premier

représentant le domaine de l'ingénierie système en conception fonctionnelle, le second hébergeant le domaine des directions assistées, le troisième permettant de capitaliser au fil de l'eau et de distribuer les données instanciées dynamiquement au long des différents projets de conception.

L'étude propose un modèle qui permet de formaliser les connaissances, informations et données relatives à toute conception de produits (conceptions fonctionnelles et conceptions détaillées) afin de constituer le référentiel métier de l'entreprise. Il est composé de deux sous modèles. Le premier formalise les données, informations et connaissances génériques sur le produit comme sa structure, ses fonctions, ses contraintes et ses situations de vie. Le second formalise les données, informations et connaissances génériques sur le processus de conception du produit et ses tâches, l'enchaînement de celles-ci (workflow) ainsi que les flux d'information et de données entre acteurs. Ces deux sous modèles sont liés par les paramètres du produit.

La formalisation du modèle est effectuée selon une approche systémique [PSA 1999] afin de garantir la modularité du référentiel métier et son application à toute conception de produit (système). L'approche systémique permet également de mieux mettre en évidence le besoin client et le résultat obtenu réellement. L'approche systémique facilite par la suite la maintenance du référentiel lors de l'intégration de nouvelles technologies. Le modèle de MULTI décrit trois niveaux de données, informations et connaissances. Chaque niveau décrit en même temps le produit résultant et le processus de conception correspondant:

- Le premier niveau s'appelle "le niveau générique" : Ce niveau regroupe les connaissances génériques de la conception en décrivant les données, informations et connaissances génériques de toute conception fonctionnelle de produits. Il est indépendant de n'importe quelles technologies et routines particulières d'une nouvelle conception. Le niveau générique peut en mesure, par exemple, soutenir le processus de développement selon une approche de cycle en V de l'ingénierie systèmes (figure 4-1). Ce niveau est formé des modèles de produit et de processus de conception. Le modèle produit illustre les entités relatives à un produit d'une manière générale tels que les paramètres, les articles, les sous systèmes, les caractéristiques, les parties, les contraintes...etc. Le modèle de processus de conception contient la définition des entités successives : les alternatives de la conception, les acteurs, les rôles, les activités, la tâche, les règles, etc. [Menand, 2002].

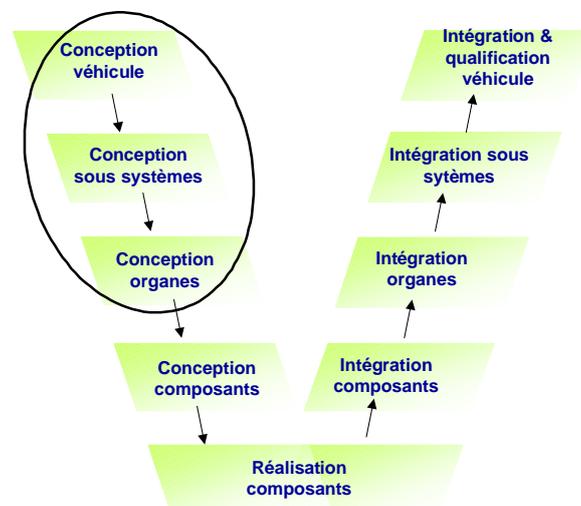


Figure 4-1. Le cycle en V de l'ingénierie système.

- Le deuxième niveau s'appelle le "référentiel de connaissance du domaine" : Il est issu de l'instanciation du niveau générique à un domaine particulier, il décrit l'aspect structural des connaissances du domaine. Ce niveau décrit le savoir-faire pour la conception dans un domaine technique spécifique. Il a la capacité d'évoluer quand les nouvelles technologies apparaissent. Cette évolution doit être sous le contrôle de l'acteur responsable [Zouari et al. 2002]. Le deuxième niveau émerge les phénomènes fondamentaux qui doivent être maîtrisés dans le cadre de l'activité de l'expert, pour n'importe quel produit de ce domaine et pour son processus de conception. Il aide les concepteurs à savoir comment une fonction est habituellement matérialisée, que certaines contraintes doivent être prises en considération pendant une phase spécifique du cycle de vie, etc. Ceci peut être constitué par des feuilles de travail Excel supportant le modèle processus de calcul en conception concernant une tâche particulière ou ses paramètres résultants 'choisir'. Les feuilles de travail Excel sont des modèles de tâches de conception dans plusieurs outils. Actuellement, ces éléments de connaissance sont souvent écrits dans un framework et peuvent être partagés à travers le Web. Le modèle de connaissance de domaine est divisé en un modèle de connaissance de domaine selon un point de vue produit et un modèle de connaissance de domaine selon un point de vue de processus de conception. Ces deux derniers constituent un référentiel de connaissance de domaine (RCD) applicable à la conception de tout artefact de ce domaine.
- Le troisième niveau s'appelle "bibliothèque de projet", il offre une description rigoureuse d'un produit (réciproquement son processus de conception) appartenant à un domaine particulier qui est appliqué sur un projet donné selon ses conditions spécifiques. La bibliothèque de projet (BP) est constituée de mémoires de projets qui capitalisent les référentiels de connaissances des produits conçus et les référentiels de connaissances de leurs processus de conception [Zouari et al. 2005]. Par conséquent la BP permet d'illustrer les résultats d'un projet donné (paramètres, retour d'expérience) et dessiner l'historique du déroulement du projet. En outre elle peut illustrer pour un projet particulier les exigences requises, les choix qui ont été retenues, les règles utiles à chaque tâche, la succession des tâches, les tâches effectuées et ceux à faire, les versions d'objet et de connaissance, les acteurs... etc. Ce niveau peut également contenir les informations mal structurées (textes, dossiers de DAO, croquis, abaques, et notes...) qui n'ont pas été encore formalisées. Les informations mal structurées doivent être saisies au cours de l'implémentation du processus de conception. En effet, pour en cours ou à venir, ces informations peuvent sembler être très utiles pour tous les concepteurs.

Le développement d'une telle mémoire correspond à une phase de la capitalisation entière de la connaissance. Ceci exige de fournir à chaque concepteur un point de vue adapté sur le projet et de traduire leurs recommandations dans la langue intelligible pour les concepteurs de DAO [Eckert et al, 2003]. Alors, si avec ces propositions, recommandations et évaluations, le concepteur travaillera dans la mesure du possible sur l'intégration de toutes les demandes du prochain projet. Une telle étape de capitalisation des connaissances place néanmoins des problèmes en termes d'identification, redondance et réutilisation de cette connaissance, d'où la nécessité de procéder à la création de versions de connaissances (figure 4-2). Le modèle permet, entre autres, de formaliser le produit avec ses fonctions ainsi que les différentes situations de vie que celui-ci rencontre. Il permet alors de capturer les connaissances concernant la vie du produit ainsi que de garder une traçabilité des contraintes rencontrées en

conception et des choix effectués en conséquence. Ces concepts seront tout particulièrement développés dans l'étude de part leur importance dans la conception de produit.

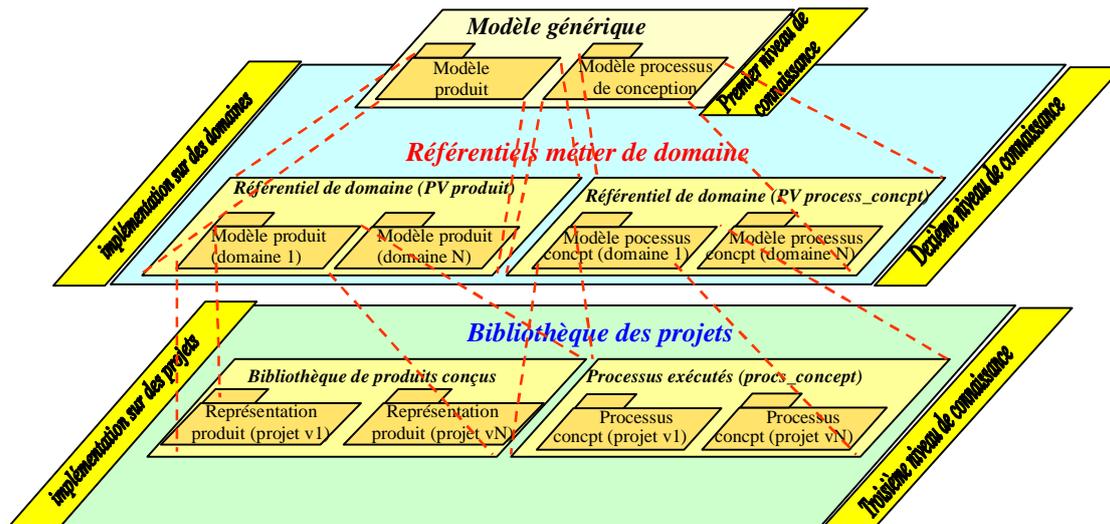


Figure 4-2. Les trois niveaux de connaissances de multi affinés

Les nouvelles technologies de l'information rendent aujourd'hui possible le réel partage d'un modèle produit ainsi que celui du modèle du processus de conception. Le type de conception plus particulièrement visé dans l'étude est la « conception routinière de produits ». Dans ce type de conception, les concepts technologiques existent déjà et sont bien connus des concepteurs qui n'ont plus qu'à les dimensionner et à les intégrer dans un nouvel environnement. L'objectif étant que les technologies choisies réalisent les performances requises par les clients en respectant les contraintes de l'environnement.

L'étude a conduit au développement d'un outil informatique de type intranet appelé «MULTI». Le modèle générique y est implémenté afin de permettre son «remplissage» avec des connaissances, informations et données d'un domaine particulier (par exemple : la conception des systèmes de direction dans notre cas d'application). Une fois instancié, il sera appelé le modèle du domaine. Le prototype informatique permet sa consultation et sa mise à jour.

MULTI permet également l'instanciation d'un modèle du domaine sur chaque projet de conception routinière (par exemple Peugeot 306 S16) par les acteurs appropriés (par exemple la valeur de « x » centimètres carrés attribuée à la section de vérin sur le projet Peugeot 306 S16). MULTI archive les instances du modèle du projet de chaque projet de conception en cours ou terminés tout en facilitant leur consultation. MULTI permet également, de « dérouler » un sous modèle du processus de conception sur un nouveau projet ; il distribue alors les tâches aux concepteurs avec toutes leurs informations et données instanciées et leurs connaissances utiles à leur réalisation. Les concepteurs peuvent alors réaliser leurs tâches et, à leur tour, mettre à contribution, des autres acteurs, leurs résultats dans MULTI. Le déroulement du processus de conception peut alors se poursuivre et les autres acteurs peuvent intervenir.

MULTI propose également une fonctionnalité de gestion de projet (suivi de projet...) très utile (dans un contexte multi projets) pour la construction d'une mémoire projet. Des préconisations pour gérer ce référentiel métier (recueil de tous les éléments du référentiel métier, les réutiliser puis les maintenir) sont données dans l'étude. Un cas d'application a été expérimenté chez PSA Peugeot Citroën et permet d'illustrer les concepts. Il s'agit du dimensionnement fonctionnel des systèmes de direction automobile.

III- CHOIX D'UN FORMALISME

De nombreuses méthodes de modélisation existent et ont été listées par [Vernadat, 1996]. Ces méthodes ont été mises en place dans le cadre de la modélisation des entreprises à des fins de « reengineering » [Hammer et al. 1993]. Parmi toutes les méthodes, la méthode UML [Roques et al. 2001] permet d'élaborer notre méta modèle avec une approche objet à des fins d'implémentation informatique. UML est une technique de modélisation issue de l'OMG (Object Management Group), suite de Booch, OMT (Project Modelling Technique) et OOSE (Object Oriented Software Engineering). UML permet de décrire un domaine complet selon une approche objet. UML permet de réaliser les spécifications informatiques complètes pour le développement d'un outil informatique (de l'expression des besoins à la conception détaillée). Ce formalisme permet de décrire complètement une base de données (modèle produit et processus de conception) ainsi que tous les mécanismes de consultation et d'utilisation des éléments (connaissances) encapsulés.

Les modèles UML pour la description du comportement statique d'un système sont :

- **Diagramme d'activité** : représentation le comportement d'une opération en terme d'actions
- **Diagramme de cas d'utilisation** : représentation des fonctions du système du point de vue utilisateur
- **Diagramme de classe** : représentation de la structure statique en terme de classes et de relations
- **Diagramme de composants** : représentation du composant physique d'une application
- **Diagramme de déploiement** : représentation du déploiement des composants sur les dispositifs matériels

Les modèles UML pour la description du comportement dynamique d'un système sont :

- **Diagramme de collaboration** : représentation spatiale des objets, des liens et des interactions
- **Diagramme d'états transitions** : représentation du comportement d'une classe
- **Diagramme objet** : représentation des objets et leurs relations
- **Diagramme de séquence** : représentation temporelle des objets et de leurs interactions.

Le formalisme UML propose une grande rigueur de modélisation. Le langage UML permet de décrire explicitement des connaissances métiers, de décrire des scénarios d'utilisation, de mise en œuvre et de maintenance de ces connaissances. UML permet de bien spécifier les outils informatiques. De part sa simplicité, UML est très rapidement compréhensible par des concepteurs de produits ainsi que par des programmeurs informatiques. Les modèles de classe et d'objet sont utilisés. On s'inspire également du modèle d'activité d'UML pour décrire la dynamique de l'outil informatique proposé.

IV- EXPERIENCE « DIRECTION ASSISTEE »

1. Les articles

La conception fonctionnelle des systèmes de direction consiste à choisir une solution technologique parmi trois possibles puis la dimensionner et l'intégrer dans le véhicule afin de

réaliser les fonctions attendues par celles-ci et d'atteindre leurs objectifs. Chaque solution technique, composées d'articles, a des caractéristiques différentes et une architecture différente.

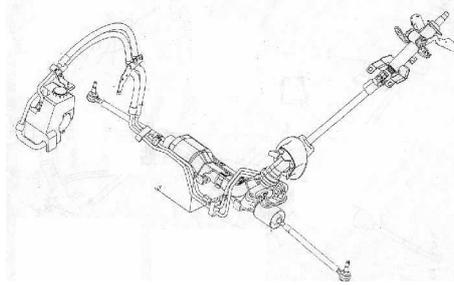


Figure 4-3. Exemple de direction assistée avec pompe attelée au moteur thermique

Il existe trois types de technologie pour les systèmes de direction assistée : les systèmes de direction avec pompe attelée au moteur thermique voir figure 4-3, avec GEP (Groupe Electro-Pompe) ou les D.A.E. (Directions Assistées Electriques). Toutes ces technologies sont composées essentiellement d'une colonne de direction, d'un mécanisme (vérin, crémaillère...), d'une source de puissance, de tuyaux et flexibles et de faisceaux électriques.

Chacune des structures décrites précédemment est modélisée par des sous ensembles, formés par des articles, dans le modèle produit de domaine. Chaque sous ensemble a ses propres paramètres [Tollenaere et al. 2000]. Exemple figure 4-4 : la pompe attelée au moteur est associée aux paramètres : diamètre de la poulie, capacité volumétrique de la pompe, pression maximale délivrée à différentes fréquences de rotation, pression nominale...etc.

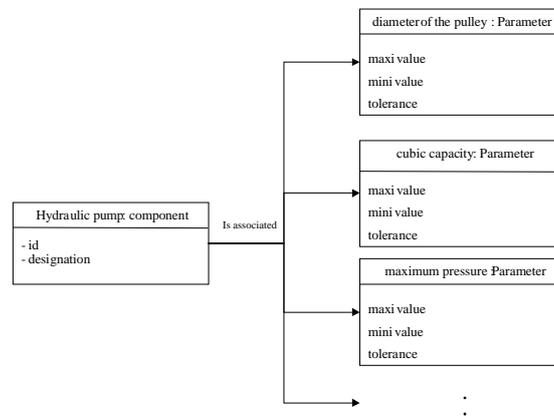


Figure 4-4. Les paramètres relatifs à un article

2. Les fonctions

La fonction principale d'un système de direction assistée est d'assurer la dirigeabilité du véhicule et permettre au conducteur le confort et la sécurité dans toutes les situations de vie du véhicule (grande vitesse, parking...).

Une fonction est définie par un ensemble de paramètres s'appelant les paramètres fonctionnels. Pour assurer et réaliser la fonction, ces paramètres doivent être évalués. La fonction assistance est caractérisée par une courbe vitesse volant en fonction des efforts à la crémaillère. Cette dernière est au départ définie pour donner la performance souhaitée et constituer l'objectif de conception. Les spécifications sur la direction aboutissent à la définition d'un soutien du régime ralenti moteur (dans le cas du système avec pompe attelée au moteur) qui, lui, est intrinsèque au moteur du véhicule. Un paramètre comme « le soutien

de ralenti » peut réaliser plusieurs fonctions telles que « la consommation de carburant » et « la fonction assistance ». Une fonction peut également, comme la fonction assistance, être définie par un ensemble de paramètres tels que « l'effort d'assistance » et « la section de vérin ». Une fonction peut également être contrainte par plusieurs paramètres. Par exemple la fonction assistance peut être contrainte par l'angle de braquage du véhicule et la démultiplication pignon - crémaillère. Une fonction est définie par des paramètres et des contraintes différentes d'une solution techniques à une autre.

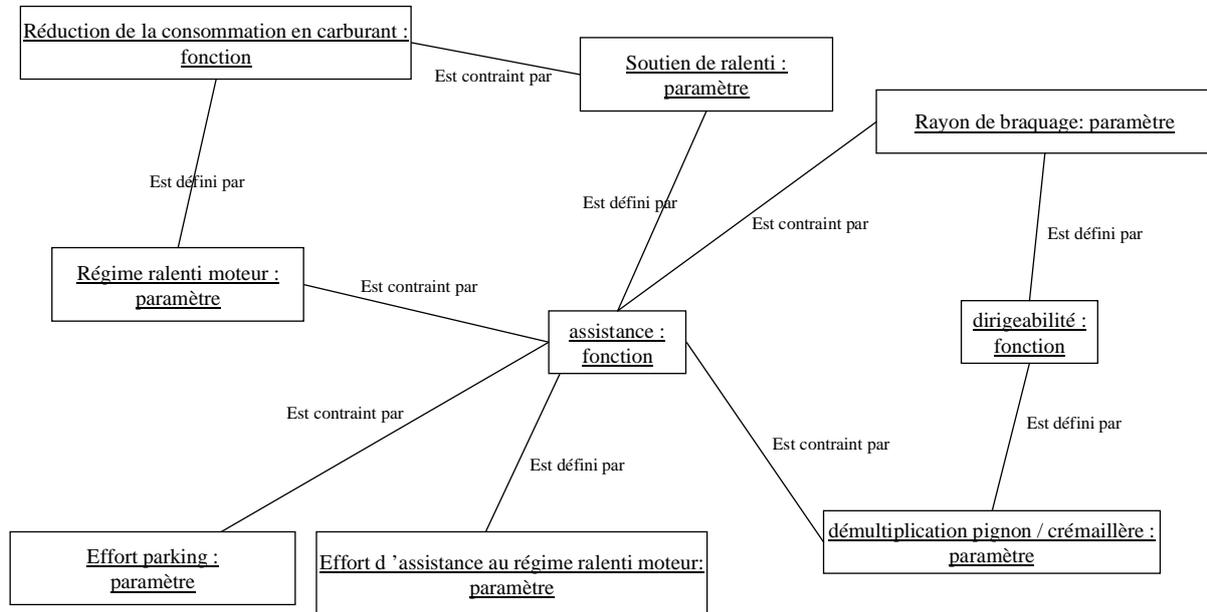


Figure 4-5. Exemple de dépendance fonctionnelle pour les systèmes de direction

Pour le véhicule, toutes les options possibles seront « capturées », même si elles ne sont pas toutes choisies sur le véhicule instancié [Menand, 2002]. Un produit est considéré comme un article. Celui-ci peut alors se décomposer en d'autres articles (figure 4-5) et réaliser une fonction qui elle-même peut se décomposer en d'autres fonctions. Une fonction caractérise un article ou un sous-ensemble de celui-ci. Chaque fonction peut être réalisée par une ou plusieurs solutions techniques. L'arborescence structurelle du produit est ainsi obtenue. Dans la conception, il est question également de solutions techniques ou de concepts technologiques. Pour la réalisation d'une fonction particulière, le concepteur aura souvent le choix entre plusieurs solutions techniques possibles. Ces solutions techniques sont composées d'articles. Chaque fonction, article et solution technique est défini par un identifiant et un nom.

Les dépendances (interfaces) fonctionnelles sont la ou les parties (paramètres intrinsèques) des organes qui participent à la réalisation des performances d'une fonction avec celles de l'organe que le concepteur conçoit. Un organe peut avoir une ou plusieurs interfaces fonctionnelles. Si une interface fonctionnelle est modifiée, alors tous les paramètres « dépendances fonctionnelles » doivent être modifiés. Un organe est également contraint, en terme de dimensionnement fonctionnel (débit, pression, section, etc.), de déplacement, d'agrandissement ou d'inclinaison de ses surfaces, par ses interfaces physiques. Quand un organe a un encombrement à respecter, on parle d'interface physique. Ces interfaces se traduisent par des contraintes. Les dépendances (interfaces) fonctionnelles sont propres à un organe et relatives à un autre. Un organe a des interfaces fonctionnelles si une des fonctions, du produit qu'il compose, est réalisée par d'autres organes. Un organe peut participer avec d'autres à une fonction. Tous ces organes sont dimensionnés pour réaliser les performances de la fonction. Quand un paramètre d'un organe participant à la performance de la fonction doit

être changé, il faut regarder les interfaces fonctionnelles de cet organe avec les autres pour savoir quels autres organes interviennent dans la performance de la fonction. La modification d'un organe participant à une fonction peut entraîner la modification des autres organes pour conserver la performance de la fonction. Dans l'exemple suivant (figure 4-6), le système de direction qui doit réaliser la fonction assistance, peut être caractérisé par trois technologies différentes. Chaque technologie a sa propre décomposition en articles qui à leur tour peuvent être caractérisés par des solutions techniques différentes.

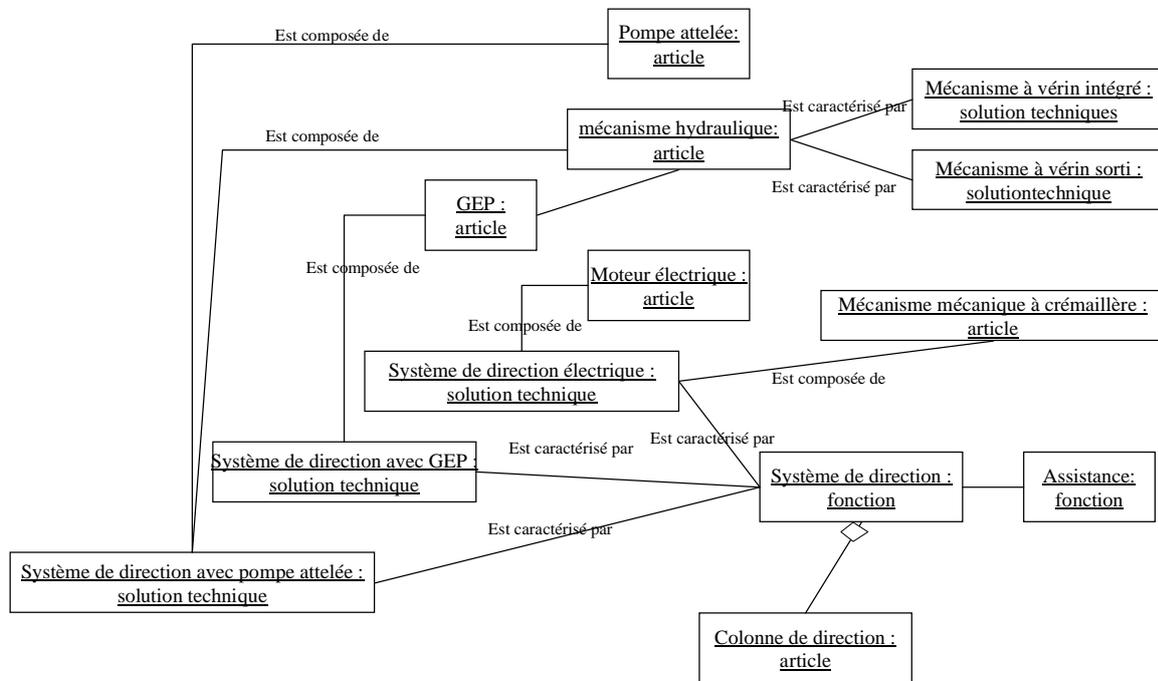


Figure 4-6. Exemple de solutions techniques (caractérisation et composition)

3. Les contraintes de cycle de vie

Parmi les situations de vie du système de direction on peut citer les suivantes :

- Sur route mouillée ou sur graviers
- Sur route neigée ou sur verglas
- En manœuvre parking
- En manœuvre à grande vitesse sur autoroute
- Fort vent latéral
- Transport du véhicule neuf

Les manœuvres véhicule à grande vitesse imposent à la direction une grande vitesse volant pour permettre l'évitement d'obstacle. Les manœuvres en parking imposent un grand effort d'assistance. Les exigences techniques doivent donc prendre en compte toutes ces situations de vie. L'exemple suivant permet de montrer la capture des informations concernant l'impact des situations de vie sur les fonctions de service d'un article figure 4-7.

Pour le cas du pare brise arrière, par exemple, les concepteurs doivent le dimensionner pour qu'il soit résistant. Ces concepteurs doivent donc prendre en compte les efforts quand le véhicule est en marche avant sur autoroute mais ils ne doivent surtout pas oublier que le véhicule, quand il est livré chez le concessionnaire, peut être posé dans le sens inverse à la marche sur un camion, qui peut rouler à 130 km/h. La capture de toutes les situations de vie

est importante pour que le concepteur puisse les prendre en compte pour déterminer les compatibilités des solutions techniques.

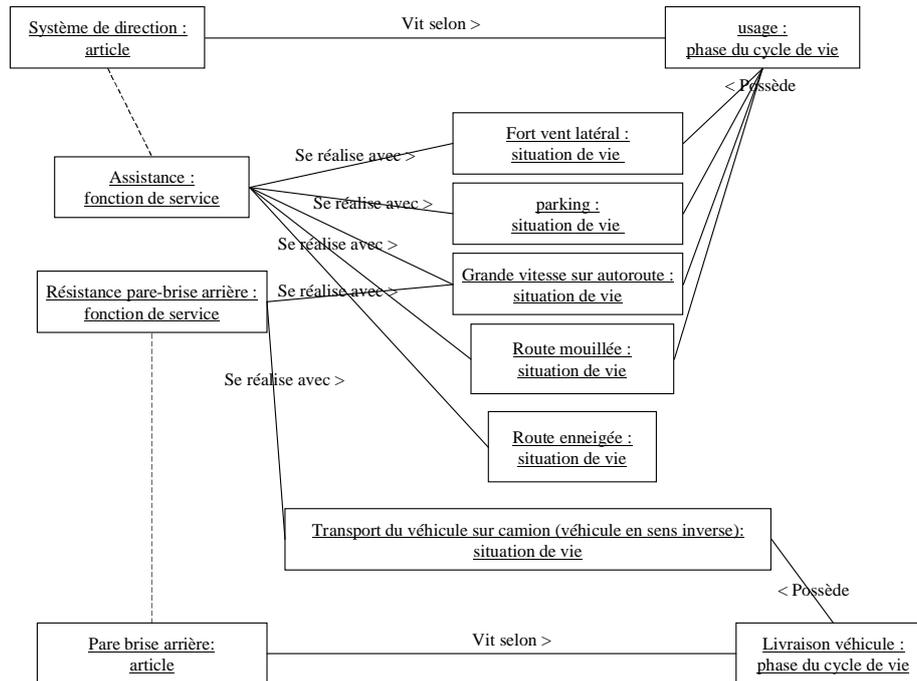


Figure 4-7. Exemple de l'impact des situations de vie sur les fonctions d'usage de l'article

4. Le processus de conception

La première activité est de définir le but (condition) du projet, par la suite examiner chaque solution technologique, relative à une tâche du processus de conception, pour choisir celle qui répond mieux au but (exécution, coût, masse...). [Menand et al. 2001]. Le processus de conception fonctionnelle est formé par plusieurs tâches combinées pour respecter les contraintes fonctionnelles du système. Par exemple pour exécuter sa fonction principale, la technologie pompe hydraulique nécessite une source de puissance issue du moteur thermique. Or la puissance du moteur a quelques caractéristiques de consommation à respecter. Celles-ci représentent pour la direction assistée quelques contraintes.

Cette étude a été poursuivie par l'étude du versionnement des connaissances de domaine dans MULTI avec une application sur les systèmes de climatisation de voitures, dans le cadre d'un projet de DEA de Alaeddine ZOUARI [Zouari, 2002].

V- EXPERIENCE CLIMATISATION

Comme les systèmes de direction assistées, les systèmes de conditionnement d'air pour véhicules automobiles présentent un terrain très favorable pour la conception fonctionnelle des systèmes. Les systèmes de climatisation de voitures automobiles présentent une variante de liaisons avec leurs environnements physique et fonctionnel (systèmes associés, systèmes environnants, situations de vie du véhicule et même les conditions climatiques pour le cas du climatiseur). Une installation de climatisation pour un véhicule automobile, figure 4-8, est composée essentiellement par : un compresseur, un évaporateur, un condenseur, un détendeur, un filtre déshydrateur, deux systèmes de ventilation, des faisceaux électriques et des canalisations.

Le problème est principalement la source de puissance pour alimenter le compresseur ainsi que le procédé de transmission, voir tableau 4-1. Ce problème fait appel à une variante

de solutions technologiques des systèmes de climatisation d'automobile. Le rôle du concepteur des systèmes de climatisation est de choisir, en collaboration avec les autres acteurs impliqués dans les processus de conception relatifs à un projet donné, la solution technologique adéquate. Le choix doit être fait en fonction des caractéristiques fonctionnelles, géométriques et dimensionnelles du projet du véhicule [Zouari et al. 2002].

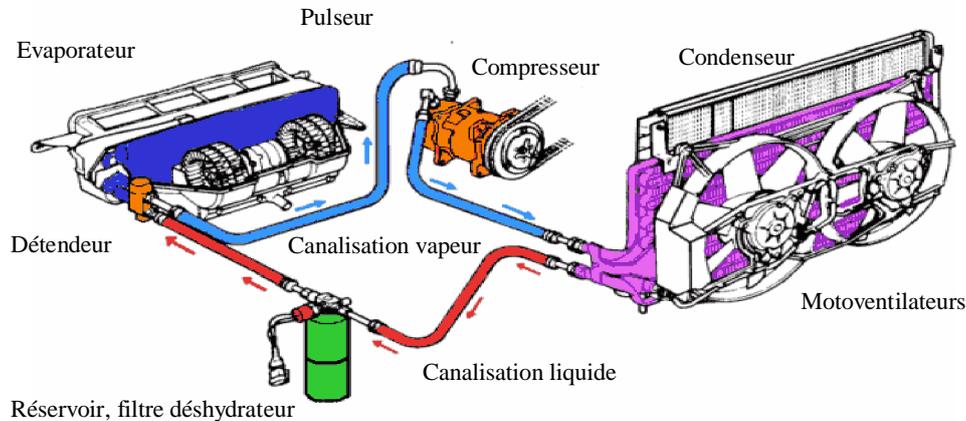


Figure 4-8. Exemple d'installation de climatisation de voiture à compresseur attelé

<i>Technologies</i>	<i>principaux constituants</i>	<i>Source de puissance</i>
Climatiseur à compresseur attelé	Un compresseur ouvert Un embrayage électromagnétique Un système poulie courroie	Le moteur de la voiture (transmission par poulie courroie)
Climatiseur à moto compresseur	Un moto compresseur semi hermétique (rotatif ou alternatif) Une batterie d'alimentation	L'alternateur (source d'énergie électrique) Batterie auxiliaire
Le système 'Mild Hybrid' de Toyota	Un compresseur ouvert Un moteur générateur Une batterie auxiliaire 36 v	Le moteur de la voiture (régime accéléré) Le moteur générateur (régime ralenti)
Climatiseur avec machine à absorption	Un bouilleur Un absorbeur Un échangeur Une pompe	L'eau de refroidissement du moteur (source de chaleur pour le bouilleur)

Tableau 4-1. Les technologies utilisées pour la climatisation de voitures

1. Le processus de conception cible

Les étapes du processus de conception sont alors les suivantes :

Tâches	Action
Etape I 1	Etablir le bilan thermique approché du véhicule (tenir compte des principaux apports calorifiques)
I 2	Choisir le fluide frigorigène et les différents composants de l'installation
I 2SA	Pour climatiseur à compresseur attelé
I 2SB	Pour climatiseur à moto compresseur
I 2SC	Pour climatiseur avec machine à absorption
I 3	Comparaison des solutions techniques et choix d'une seule solution
I 4	Elaboration d'un compte rendu

2. Les acteurs

Les acteurs pouvant participer à la conception des systèmes de climatisation sont :

- Le responsable du service climatisation

- Le responsable des spécifications fonctionnelles
- L'architecte de la caisse
- Le représentant du projet au niveau des plates-formes véhicule
- Le concepteur canalisations (rigides et flexibles)
- Le concepteur des systèmes de climatisation
- Le concepteur des moteurs
- Le concepteur aéralique

Des abréviations pouvant être utilisé pour identifier les acteurs :

Rôle de l'acteur	Abréviation
Responsable des canalisations	CANA
Responsable des moteurs	MOT
Responsable électricité véhicule	ELEC
Responsable des systèmes de climatisation	SYST
Responsable des systèmes aéraliques	AER
Responsable de l'architecture de la caisse	ARC

3. Le référentiel métier pour la conception des systèmes de climatisation

3.1. RECUEILLIR LES CARACTERISTIQUES DU PRODUIT

3.1.1. Identifier les classes d'articles du système étudié

Les articles composant les systèmes de climatisation sont principalement :

ARTICLE
Véhicule
Système de refroidissement du moteur
Moteur du véhicule
Poulie du moteur thermique
Alternateur véhicule
Direction assistée
châssis
L'habitacle

ARTICLE
Système de climatisation
Le compresseur
Le condenseur
Le détendeur
L'évaporateur
Le filtre déshydrateur
Les canalisations du circuit fluide
Le filtre habitacle
Les gaines de distribution d'air
Les moto ventilateurs
Les vannes
Le pupitre de commande
Les faisceaux électriques

Les systèmes environnant et ceux qui interviennent dans la conception fonctionnelle des systèmes de climatisation sont les suivant :

3.1.2. Identifier toutes les solutions techniques

Les solutions techniques de l'étude des climatiseurs sont par exemple :

SOLUTIONS TECHNIQUES
Climatiseur à compresseur attelé
Climatiseur à moto compresseur
Climatiseur avec machine à absorption
Climatiseur 'Mild Hybrid'

3.1.3. Identifier la décomposition (lien « est composé de ») des articles, faire l'arborescence générique et structurelle du produit (donner un identifiant à l'article et un nom)

La décomposition du compresseur est par exemple :

ARTICLE	ARTICLE		ARTICLE
Compresseur	Compresseur alternatif	A pistons axiaux	Carter
			Culasse
			Plateau came
			Pistons
			Bielle
			clapets
		Poulie...	
		A pistons radiaux	
	Compresseur rotatif	Scroll centrifuge	

3.1.4. Identifier la composition en article des solutions techniques (lien « est caractérisé par »)

Chaque solution technique est composée d'article. Pour les principales technologies des systèmes de climatisation, nous avons par exemple :

SOLUTION TECHNIQUE	ARTICLE
Climatiseur à compresseur attelé	Compresseur ouvert
	condenseur
	détendeur
	canalisations
	évaporateur
	Les faisceaux électriques
Climatiseur à moto compresseur	Moto compresseur semi hermétique
	condenseur
	détendeur
	évaporateur
	Canalisations
	Les faisceaux électriques

3.1.5. Déterminer les incompatibilités d'assemblage des articles

Les solutions techniques (et leur décomposition) peuvent être bien évidemment incompatibles entre elles. Un exemple d'incompatibilité entre article peut être : l'usage d'un système de direction hydraulique avec pompe attelée au moteur n'est pas toujours compatible avec la solution climatiseur à compresseur attelé (encombrement, puissance moteur...).

3.1.6. Identifier les fonctions du système et leur décomposition, faire l'arborescence générique et fonctionnelle du produit

Des exemples vont être donnés pour la conception des systèmes de climatisation.

∅ identifier les fonctions de service

- fonction d'usage

FONCTION D'USAGE
Confort (température, humidité, poussière...)
Atteindre la température désirée rapidement

- fonctions d'estime : Esthétique

∅ identifier les fonctions techniques

FONCTION TECHNIQUE
Masse
Refroidir le fluide frigorigène au niveau du condenseur
Souffler l'air à travers l'évaporateur avec un débit donné
Atteler le compresseur sur le moteur
Fixer les autres organes sur la caisse

∅ identifier les fonctions contraintes

FONCTIONS CONTRAINTES
Achat des articles
Fabrication des canalisations du circuit fluide
montage des articles du climatiseur

3.1.7. Faire le lien entre les fonctions de service et les fonctions techniques (lien « est déclinée par »)

Cette décomposition est utile en conception détaillée

FONCTION	FONCTION
Atteindre la température désirée rapidement	Souffler l'air à travers l'évaporateur avec un débit donné
	Répartir l'air conditionné uniformément dans l'habitacle

3.1.8. Faire le lien entre les fonctions techniques puis de service et les solutions techniques (lien « est réalisé par »)

Quelques exemples de liens :

FONCTION	SOLUTION TECHNIQUE
Comprimer et débiter le fluide frigorigène	Compresseur à débit constant
	Compresseur à débit variable
Refroidir le fluide frigorigène au niveau du condenseur	Vitesse de déplacement de la voiture
	Un moto ventilateur
	Deux moto ventilateurs

3.1.9. Faire le lien entre les fonctions et les articles (lien « est réalisé par »)

Un article peut participer à plusieurs fonctions et une fonction peut être réalisé par plusieurs articles (Q.F.D.). Ces associations découlent de celle entre les fonctions et les paramètres caractérisant les articles.

Article	Fonction
Moteur thermique du véhicule	Fournir la puissance mécanique au compresseur
	Consommation de carburant
Moto ventilateur	Refroidir l'eau de refroidissement du moteur
	Refroidir le fluide frigorigène au niveau du condenseur

3.1.10. Lister l'ensemble des paramètres caractérisant les articles (lien « caractérise »)

Quelques paramètres pouvant véhiculer dans le processus de conception fonctionnelle des systèmes de climatisation sont décrits dans le tableau suivant. Ainsi pour chaque projet véhicule, l'ensemble des paramètres de cette liste est instancié différemment [Zouari, 2002] :

Paramètre	Intitulé exact	Signification	Unité
Cyl	Cylindrée du compresseur		cm ³ /tr
C _{moteur}	Couple moteur		N.m
I _{démarrage}	Intensité de démarrage		A
I _{maxi}	Intensité maximum		A
I _{moyen}	Intensité moyenne		A
L _{canalisation}	Longueur des canalisations		cm
L _f	Longueur des faisceaux		M
M _{canalisations}	Masse des canalisations		kg
M _{compresseur}	Masse du compresseur		kg
M _{condenseur}	Masse du condenseur		kg
M _{évaporateur}	Masse de l'évaporateur		kg
M _{syst}	Masse totale du système		kg
M _{moteur}	Masse du moteur		kg
N _{compr_maxi}	Régime maxi du compresseur		tr/min
N _{compr-mini}	Régime mini du compresseur		tr/min
N _{compr_ral}	Régime ralenti du compresseur	ralenti moteur	tr/min
BP	Pression d'aspiration du compresseur	la pression d'évaporation	bar
HP	Pression de refoulement du compresseur	la pression de condensation	bar
HP _{maxi}	Pression maxi de refoulement	Pression consigne de coupure	bar
Φ0	Puissance frigorifique du compresseur		BTU/h
Q	Somme des apports thermiques	Calcul du bilan thermique	kJ
q _{comp}	Débit du compresseur		l/min
q _{motovent}	Débit des moto ventilateurs		l/min
Q _{comp-mini}	Débit mini garanti par le compresseur		l/min
q _{pompe_ralenti}	Débit du compresseur au ralenti		l/min
d _{canal_ref}	Diamètre des canalisations HP	canalisations de refoulement	mm
d _{canal_asp}	Diamètre des canalisations BP	canalisations d'aspiration	mm
S _{faisceaux}	Section des faisceaux		mm ²
A _{paroi}	Surface d'une paroi		m ²
K	Coefficient de transmission thermique	$K = \frac{1}{\frac{1}{he} + \sum \frac{e}{\lambda} + \sum r + \frac{1}{hi}}$	W/m ² o
e	Epaisseur paroi		mm
T _{moteur}	Temps de réponse du moteur		S
Tol _{q-compres}	Tolérance sur le débit du compresseur		l/min
Φ _{poulie/moteur}	Diamètre poulie du moteur		mm
Φ _{poulie/comp}	Diamètre poulie du compresseur		mm
Δp	Pertes de charges dans le circuit fluide	frottement visqueux dans les canalisations.	mca kPa
η _{volumétrique}	Rendement volumétrique du compresseur		sans
η _{efficace}	Rendement efficace du compresseur		sans
ρf	Résistivité des faisceaux		Ω.m
Ω _{moteur}	Régime moteur		tr/mn
Ω _{moteur-ral}	Régime moteur au ralenti		tr/mn

Ces paramètres peuvent être des paramètres externes ou des paramètres intrinsèques aux systèmes de climatisation.

∅ Paramètre externe :

ARTICLE	PARAMETRE EXTERNES
Tout système de climatisation	Bilan thermique
	T° air ambiant
	T° air intérieur
	humidité

∅ paramètre intrinsèque

SOLUTION TECHNOLOGIQUE	ARTICLE	PARAMETRE INTRINSEQUE
Compresseur attelé	Compresseur ouvert à pistons axiaux	Courbe puissance frigorifique / vitesse de rotation
		Nb pistons
		course
		ϕ_{piston}
		q compresseur ralenti
		q compresseur mini
		I_n embrayage EM
		Liste fournisseur
		$\phi_{\text{poulie-compresseur}}$
Puissance frigorifique		

3.1.11. Identifier toutes les phases du cycle de vie du produit (lien «vit selon»)

ARTICLE	PHASE DU DYCLE DE VIE
Système de climatisation	Fabrication
	Montage
	Maintenance

3.1.12. Identifier toutes les situations de vie des fonctions de service pour la phase usage du cycle de vie

FONCTION	SITUATION DE VIE
Conditionner l'air	Conduire en ville
	Arrêt voiture motrice en marche
	Conduire sur autoroute
	Manque de charge
	Echauffement de l'eau de refroidissement du moteur

3.1.13. Identifier les fonctions de service ainsi que les contraintes associées qui donnent des préconisations sur les paramètres

FONCTION	PARAMETRE	CONTRAINTE
Raccorder les composants du climatiseur	Diamètre des canalisations BP	Le diamètre choisi doit être compatible avec celui de l'orifice d'aspiration du compresseur.

3.1.14. Identifier les fonctions contraintes ainsi que les contraintes associées qui donnent des préconisations sur les paramètres

FONCTION CONTRAINTE	PARAMETRE	CONTRAINTE
Refroidir l'eau de refroidissement du moteur	Température de l'eau	Le débit des ventilateurs doit être suffisant pour refroidir le fluide frigorigène et l'eau dans le radiateur

3.1.15. Identifier les contraintes possibles sur les paramètres

Diamètre canalisation HP = diamètre de l'orifice de refoulement du compresseur.

3.1.16. Identifier les règles associées aux paramètres (lien « dépend de » et lien « s'applique à »)

$$Q = K \cdot A \cdot \Delta T$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \sum \frac{e}{\lambda} + \sum r + \frac{1}{h_i}}$$

$$A = \pi \phi^2 / 4$$

3.2. RECUEILLIR LES CARACTERISTIQUES DU PROCESSUS DE CONCEPTION FONCTIONNELLE

Lister les tâches pour chaque processus et leur enchaînement (lien « tâche suivante »)

TACHE	INPUT	OUTPUT	ACTEUR
Calculer le bilan thermique	$T^{\circ}_{\text{habitacle}}, K_{\text{paroi}}, S_{\text{paroi}}, I_{\text{vitre}}...$	Q	SYST
Calculer la puissance frigorifique du compresseur	Q	Φ_0	SYST
Choisir le type de fluide frigorigène	Critères de choix	R134a	SYST
Choisir le compresseur adéquat	Φ_0 , type FF, température ce condensation	compresseur	SYST
Choisir la canalisation HP	Diamètre de l'orifice de refoulement	Epaisseur, diamètres extérieur et intérieur	CANA
Valider le soutien ralenti	soutien de ralenti proposé	soutien ralenti	MOT
Calculer la masse totale du système avec compresseur attelé	masse compresseur, condenseur, évaporateur, canalisation, fluide	masse totale du système avec compresseur attelé	FONC

3.3. APPLICATION DU FORMALISME UML

3.3.1. Les acteurs

La conception et l'intégration fonctionnelle d'un système de climatisation dans une voiture automobile nécessitent la contribution de plusieurs acteurs de différents domaines d'activité [Zouari et al. 2004]. Les acteurs seront classés en fonction de leurs rôles dans le processus de conception, au niveau des connaissances qu'ils vont utiliser. On distingue trois rôles pour l'utilisation des connaissances, nous citons :

- L'acteur projet : le concepteur qui réalise les différentes tâches du processus de conception, (exemple ; concepteur des systèmes hydrauliques, des systèmes de climatisation, des systèmes de direction, des moteurs...)
- Le gestionnaire de projet : l'acteur qui donne une vue d'ensemble sur l'avancement du projet
- Les experts : les responsables qui interviennent au niveau du domaines.

La figure 4-9 présente un exemple de relation entre les intervenants dans le processus de conception d'un système à travers les connaissances qu'ils partagent.

Le modèle de MULTI, permet de décrire l'arborescence structurelle et fonctionnelle du produit ainsi que les liens entre ces deux arborescences. Les paramètres sont rattachés aux arborescences, leurs dépendances fonctionnelles sont alors capturées (sous-entendant un besoin d'échange entre les acteurs associés à chaque fonction et à chaque élément de la structure du produit). En outre, le modèle permet de décrire les phases du cycle de vie du produit, ainsi que les contraintes sur le produit à concevoir associées, est défini (sous-entendant un besoin d'échange d'informations entre les acteurs associés à chaque phase du cycle de vie du produit et les concepteurs de produit). De cette manière, un acteur pourra, par exemple, savoir à quelle(s) fonction(s) un paramètre donné participe et donc connaître l'impact d'une modification de ce paramètre sur les autres fonctions du système. Un acteur pourra également connaître quelles sont les contraintes qu'il doit prendre en compte et quelles sont leurs origines (fonctions « contraintes » des systèmes associés). Une fois le modèle (« squelette ») précédent défini, les autres connaissances utiles à la conception sont ajoutées (greffées). En effet, des informations supplémentaires sont nécessaires pour assurer une complétude à la base de données afin qu'elle devienne une base de connaissances permettant l'acquisition des informations utiles à la conception.

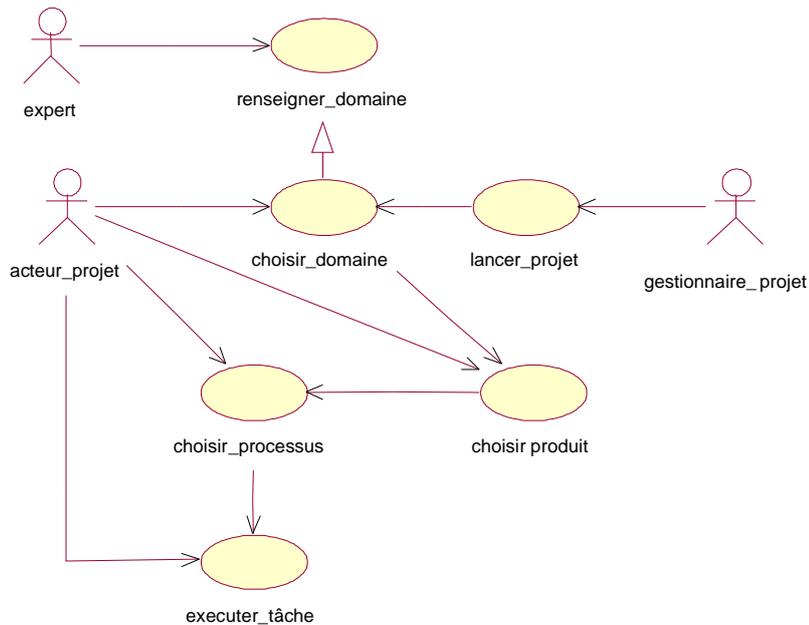


Figure 4-9. Exemple de relation entre les acteurs

Plusieurs acteurs peuvent avoir un seul rôle, surtout les acteurs projet. Ces derniers peuvent, au cours du processus de conception, échanger des connaissances sous forme de paramètres. Exemple : le concepteur des systèmes hydrauliques à besoin de savoir les valeurs des pressions en amont et en aval du compresseur et les diamètres des canalisation basse et haute pression qu’il aura du concepteur des climatiseurs en plus il a besoin de la longueur des différents segments du circuit de la part du concepteur de l’architecture de la caisse. Le diagramme objet (figure 4-10) illustre un exemple de relation entre les intervenant dans un processus de conception multi acteurs à travers les paramètres qu’ils partagent.

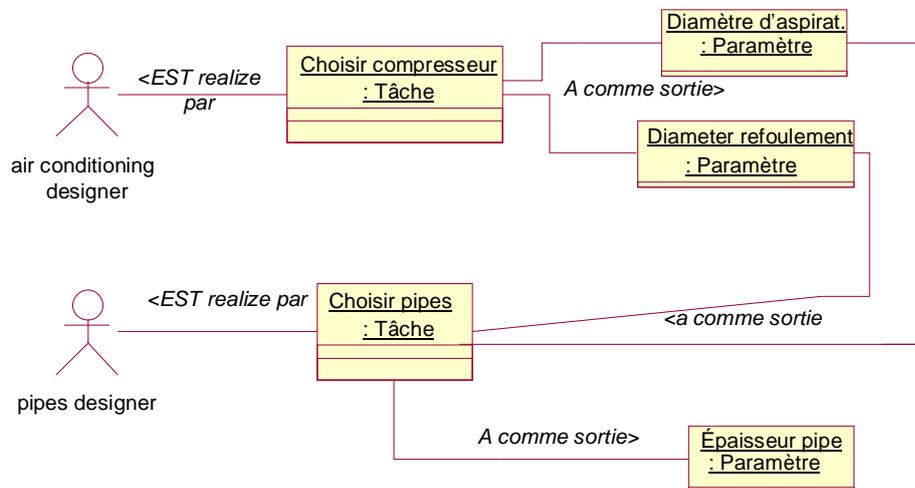


Figure 4-10. Exemple de relation entre les acteurs

3.3.2. Approche systémique

En cohérence avec les résultats proposés par l’ingénierie système, un système est un article dont la granularité est définie par les concepteurs. Pour les systèmes de climatisation, c’est tout le climatiseur qui est un système. Le système étudié est le système dont les fonctions d’usage sont conçues. Les systèmes associés sont les systèmes qui vont contribuer au développement du système étudié (le ventilateur du système de refroidissement du moteur). Les systèmes environnants sont les systèmes extérieurs au système étudié et ayant un impact sur la réalisation des fonctions d’usage du système étudié.

Le diagramme objet (figure 4-11) présente une partie de l'approche systémique du système de climatisation de voiture. Il montre les relations entre les systèmes étudiés, environnants et associés. Le diagramme présente en plus les différents types de contraintes et interfaces que peut avoir le climatiseur au cours d'une phase de son cycle de vie.

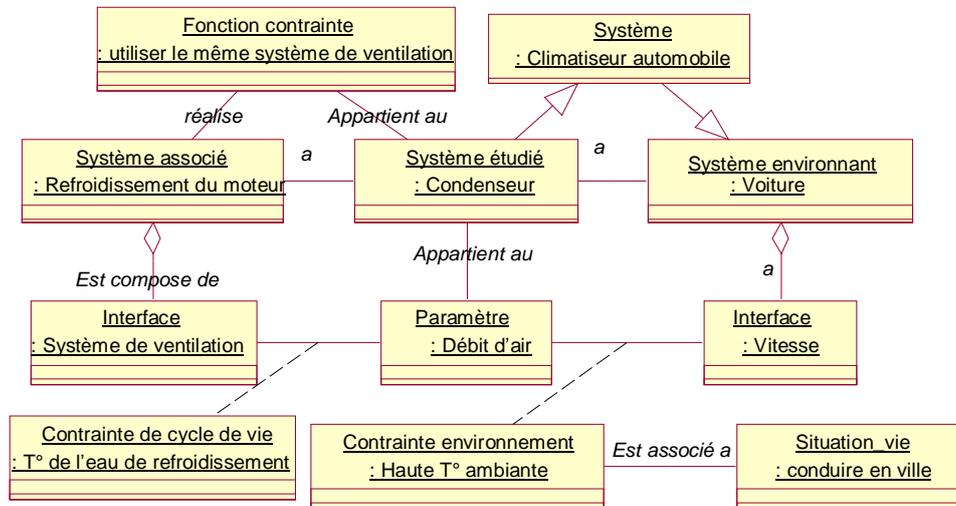


Figure 4-11. Approche systémique du système de climatisation

3.3.3. Dépendance fonctionnelle

Les fonctions de service regroupent les fonctions d'usage et les fonctions d'estime, les fonctions techniques et les fonctions contraintes (les fonctions contraintes caractérisent les fonctions issues des phases du cycle de vie du produit exceptée la phase d'usage). Les fonctions de service sont déclinées en fonctions techniques.

Les dépendances fonctionnelles sont propres à un organe et relatives à un autre. Un organe peut participer avec d'autres à une fonction. Tous ces organes sont dimensionnés pour réaliser les performances de la fonction. Chaque fonction peut être réalisée par une ou plusieurs solutions techniques. L'arborescence structurelle du produit est ainsi obtenue. Dans la conception, il est question également de solutions techniques ou de concepts technologiques. Pour la réalisation d'une fonction particulière, le concepteur aura souvent le choix entre plusieurs solutions techniques possibles. Ces solutions techniques sont composées d'articles. Chaque fonction, article et solution technique est défini par un identifiant et un nom. Le diagramme objet (figure 4-12) présente un exemple de décomposition fonctionnelle et la dépendance entre différentes fonctions que doit assurer le système de climatisation.

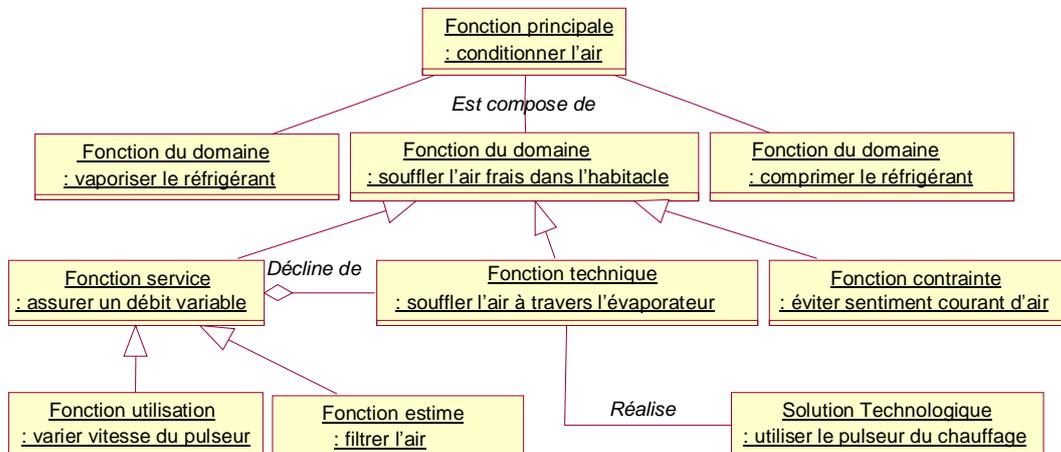


Figure 4-12. Exemple de dépendance fonctionnelle du climatiseur

3.3.4. Dépendance des produits

Un produit est considéré comme un article. Celui-ci peut alors se décomposer en d'autres articles et réaliser une fonction qui elle-même peut se décomposer en d'autres fonctions. Le diagramme d'objet figure 4-13 illustre un exemple de décomposition d'un système en articles ainsi que les relations entre ces derniers et les paramètres qui les caractérisent.

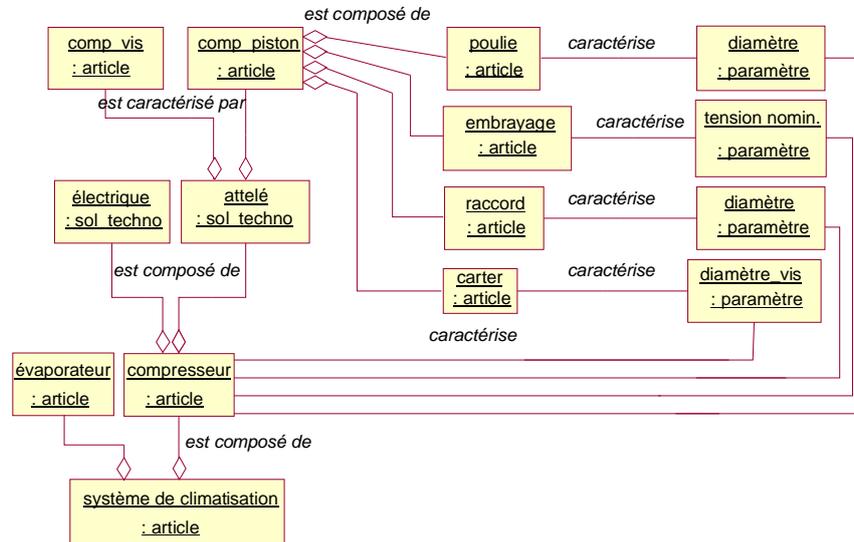


Figure 4-13. Exemple de dépendance de produits

Dans cet exemple, le compresseur à piston a quatre paramètres fonctionnels. Les paramètres « diamètre de la poulie », « tension et intensité d'excitation de l'embrayage », « diamètre des orifices d'aspiration et de refoulement » et « diamètre et positionnement des vis de fixation ». Certains de ces paramètres ont la même nature « diamètre » qui s'exprime par « Ø » avec l'unité « millimètre » et le symbole « mm ».

3.3.5. Les contraintes de cycle de vie

Un article a un cycle de vie composé de différentes phases. Celui-ci met en œuvre les fonctions d'usage ou de service (dans le cas de la phase d'usage du produit) et les fonctions contraintes du produit (dans le cas des phases du cycle de vie autre que l'usage). Chaque phase du cycle de vie possède des situations de vie particulières. Les situations de vie qualifiées pendant la phase d'usage du produit sont les plus importantes car elles concernent directement le client. La connaissance de toutes les situations de vie est importante pour le concepteur afin qu'il fasse les choix de conception appropriés. La traçabilité de ces choix de conception doit également être conservée à des fins de modifications ultérieures du produit.

Le système de climatisation d'une automobile rencontre les situations de vie pour sa fonction de service (conditionnement). Ces situations de vie sont les suivantes :

- Conduire en ville
- Conduire sur autoroute
- Echauffement de l'eau de refroidissement du moteur
- Manque de charge
- Etc....

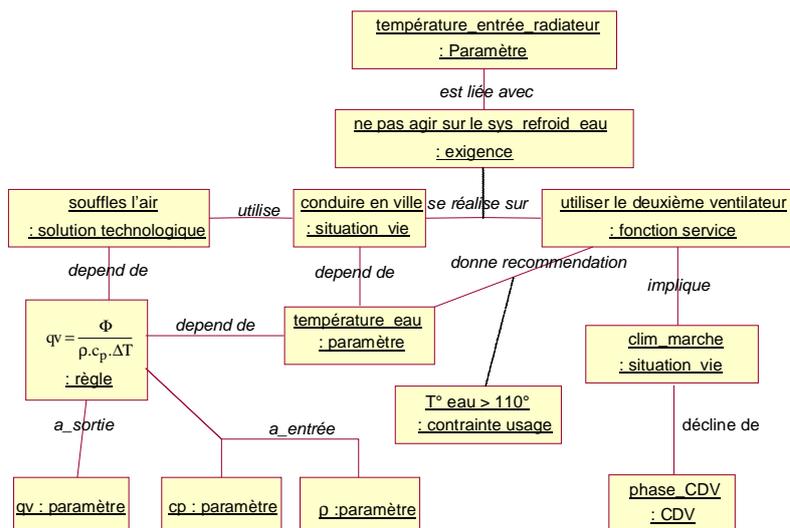


Figure 4-14. Exemple de contraintes de cycle de vie d'un produit

Le lien entre les fonctions et les situations de vie, est intéressant car il permet de connaître les fonctions et les différentes situations de vie à prendre en compte pour chacune d'entre elles. En fait les situations de vie sont rattachées directement aux fonctions du produit. Un exemple de situation de vie associée à une fonction contrainte peut être le fonctionnement du climatiseur pendant la phase conduire en ville ce qui fait augmenter la température de l'eau de refroidissement du moteur (le condenseur et le radiateur utilisent le même ventilateur) il y a donc risque de sur échauffement du moteur. Les concepteurs doivent donc prendre en compte cette situation de vie pour activer la fonction service utiliser le deuxième ventilateur en fonction de la contrainte usage $T^{\circ} \text{ eau} > 110^{\circ}$. Nous montrons à travers le diagramme d'objet figure 4-14, les contraintes qui déclinent des phases et des situations de cycle de vie d'un climatiseur de voiture, ainsi que leurs impacts sur les paramètres et les solutions technologiques [Zouari et al. 2004].

3.3.6. Instance article

Les instances d'article permettent à tout moment, pour un projet donné, de reconstituer la composition de l'article (du système). Les signaux pour les instances d'article aident à identifier quels sont les choix qui ont été fait en terme d'article.

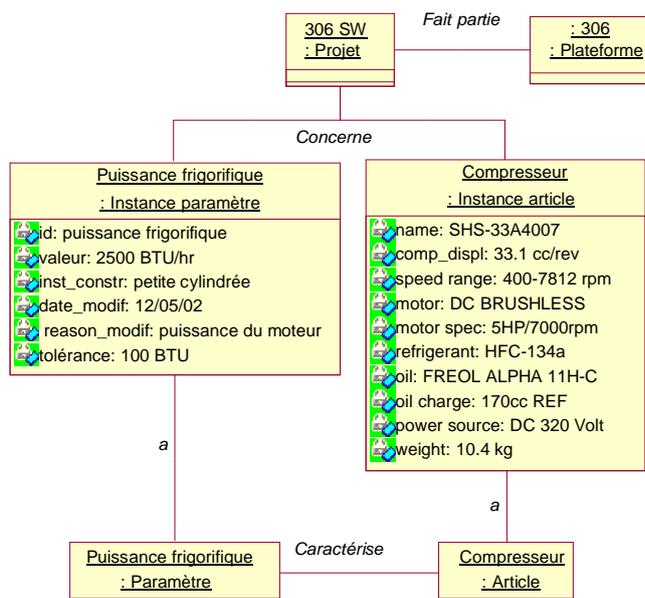


Figure 4-15. Exemple d'instance d'un compresseur de climatiseur automobile

Par exemple l'article compresseur du projet 306 SW faisant partie de la plate forme 306 est défini par les caractéristiques du compresseur Sanden : SHS-33A4007. Les instances de paramètres sont toutes les valeurs qu'un paramètre peut avoir sur un projet donné. Par exemple le paramètre puissance frigorifique relatif au projet 306 SW a la valeur de 2500 BTU/h qui a été modifié le 12/05/2002 pour la raison de la puissance du moteur à cause de la contrainte moteur de petite cylindrée. La figure 4-15 présente un exemple d'instance article et paramètre relatifs à un projet.

3.3.7. Le processus de conception

La présence de données ou d'informations déclenche l'activation de tâches à faire. Ainsi les acteurs sont avertis lorsqu'ils doivent intervenir dans le processus de conception. De cette manière, l'instanciation du produit est progressive et fonction du déroulement du processus de conception. De même le déroulement du processus de conception sur chaque projet, les re-bouclages, le nombre de fois qu'une tâche est réalisée, ses délais de réalisation, sa date de début de faisabilité, etc., sont historisés.

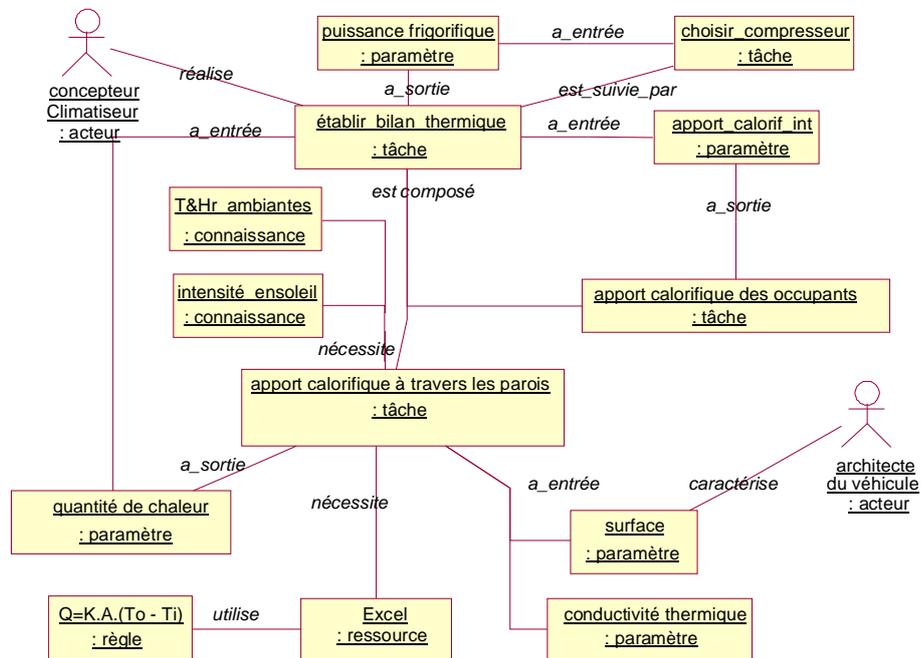


Figure 4-16. Exemple de processus de conception multi acteurs

Le diagramme d'objets figure 4-16 présente une partie du processus de conception d'un climatiseur. Il montre la succession des tâches, les connaissances et les ressources de la tâche ainsi que la relation entre le modèle produit et processus de conception.

VI- BILAN DU CHAPITRE 4

Plusieurs travaux de recherche visent à poser les bases d'une CAO fonctionnelle dans un contexte coopératif, tels que le travail de thèse de Sébastien Menand dans le cadre du projet MULTI.

La connaissance a été structurée en trois niveaux :

- le premier permet de capturer l'état courant des projets en cours ou passés, ainsi que les itérations des paramètres au sein des processus d'ingénierie. Une double modélisation des produits et processus est proposée.

- le second niveau héberge la connaissance statique (fonctions, articles, définition de paramètres...), mais aussi dynamique (organisation des tâches d'ingénierie, processus...) qui constitue le cœur des métiers qui interviennent dans les processus
- le troisième niveau permet de capturer, et de faire évoluer, les concepts sous jacents à toute conception fonctionnelle dans un contexte multi-acteurs.

Pour valider cette démarche et ses trois niveaux de connaissances, elle a été appliquée sur la conception fonctionnelle des systèmes de direction. Cette étude a été poursuivie par l'étude du versionnement des connaissances de domaine dans MULTI avec une application sur les systèmes de climatisation de voitures, dans le cadre de mon projet de DEA.

L'implémentation des modèles, produit et processus de conception, de MULTI sur les cas d'étude est réalisé en utilisant le formalisme UML.

Références bibliographiques

- [Eckert et al. 2003] Eckert C., Boujut J-F, "The role of objects in design co-operation: communication through physical or virtual objects", Computer Supported Collaborative Work, vol. 12, pp 145-151, 2003.
- [Hammer et al. 1993] Hammer M., Champy D., «Le Reengineering», éditions DUNOD, 1993.
- [Menand et al. 2001] S. Menand, M. Tollenaere "MULTI: a tool and a method to support collaborative functional design ; International Conference on Engineering Design", ICED 01 Glasgow, august 21-23, 2001.
- [Menand, 2002] Menand S., « Modélisation pour la réutilisation du processus de conception Multi acteurs de produits industriels » Thèse de Doctorat de l'institut National Polytechnique – Grenoble, janvier 2002.
- [PSA 1999] CA 17314, « Guide ISA, démarche d'ingénierie système automobile », usage interne PSA, 20 décembre 1999.
- [Roques et al. 2001] Rocques P., Vallée F., « UML en action : de l'analyse des besoins à la conception java », Edition Eyrolles, 2001.
- [Tollenaere et al. 2000] M. Tollenaere, S. Menand, C. Canella, "Collaborative knowledge supported functional design : a case study in automotive industry" Paper proposition for COOP 2000
- [Vernadat 1996] Vernadat F.B., « Enterprise Modelling and Integration: principles and applications », Chapman & Hall, London, 1996.
- [Zouari, 2002] Alaeddine ZOUARI ; 'versionnement des modèles de connaissances de domaine dans MULTI, application sur les systèmes de climatisation de voitures automobiles' Mémoire de DEA Spécialité: Mécanique et ingénierie, 17 décembre 2002.
- [Zouari et al. 2002] Zouari A, Tollenaere M. et Menand S. "Application of a multi-actors design model to the car air-conditioning system functional design", IEEE SMC02 Conference, Hammamet, Tunisia, October 6-9, 2002.
- [Zouari et al. 2004] Zouari A, Ben Bacha H, Tollenaere M & Maalej A " Capitalisation des connaissances de domaine à travers un référentiel métier ", colloque IPI'04 ; Information, Connaissance et Compétences dans les systèmes de production, Autrans-France, 22-23 janvier 2004.
- [Zouari et al. 2005] Zouari A, Tollenaere M, Maalej A & Ben Bacha H "Assistance à la conception collaborative par la capitalisation et la réutilisation des connaissances", International conference: design and mechanical system modelling, CMSM'2005 Hammamet, Tunisia, March 23-25, 2005.

Sommaire chapitre 5

LA GESTION DU VERSIONNEMENT -----	106
I- VERSIONNEMENT D'OBJET -----	106
1. POURQUOI LES VERSIONS D'OBJET-----	106
2. REPRESENTATION DES VERSIONS D'OBJETS-----	107
3. ÉTATS DES VERSIONS -----	109
3.1. VERSION PERMANENTE-----	109
3.2. VERSION PROVISOIRE-----	109
4. LES RAPPORTS DE TRANSMISSION DES VERSIONS -----	110
5. EVOLUTION DES VERSIONS D'OBJET -----	110
5.1. ATTRIBUT COMPOSE SENSIBLE-----	111
5.2. VERSION SENSIBLE-----	112
6. REUTILISATION DES DONNEES DE CONCEPTION EXISTANTES -----	112
II- VERSIONNEMENT D'ONTOLOGIE -----	114
1. QU'EST CE QUE LE VERSIONNEMENT D'ONTOLOGIES-----	114
2. GESTION DES VERSIONS D'ONTOLOGIES -----	115
3. EVOLUTION DES VERSIONS D'ONTOLOGIE -----	115
3.1. REPRESENTATION DES VERSIONS D'ONTOLOGIES -----	115
3.2. SCENARIOS D'EVOLUTION DES VERSIONS D'ONTOLOGIES. -----	116
III- VERSIONNEMENT ET EVOLUTION DE SCHEMA DANS LES BASES DE DONNEES	117
1. QU'EST CE QUE LE VERSIONNEMENT DE SCHEMA DE BASE DE DONNEES-----	117
2. EVOLUTION DES VERSIONS-----	118
IV- BILAN DU CHAPITRE 5-----	119
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES-----	121

Chapitre 5 :

LA GESTION DU VERSIONNEMENT

Une question importante dans des activités de collaboration est comment commander des versions d'information. Maintenir des versions d'information sert trois objectifs :

- Enregistrer l'historique de l'information afin d'éviter la répétition des opérations ;
- Permettre des changements aux données sans références compromettantes aux versions précédentes de ces données
- Permettre l'inspection et la comparaison des versions.

La pratique actuelle des systèmes de gestion de documents fournit le contrôle de version, mais seulement au niveau du document. Pour la conception collaborative, le contrôle des versions est exigé à un niveau de détail plus fin pour une combinaison des raisons [Van Leeuwen et al. 2003]. Le nombre de personnes travaillant avec des données de conception est grand, l'ensemble des données de conception est grand, les documents ne servent pas toujours de base au stockage, il y a un fort rapport entre certaines données avec des documents.

I- VERSIONNEMENT D'OBJET

1. Pourquoi les versions d'objet

Le maintien des versions des objets représentant une conception est intéressant pour documenter et capitaliser des solutions de rechange de cette conception en vue d'une réutilisation probable. En plus, dans le contexte de la conception de collaboration, la gestion des versions d'objets est importante pour maintenir l'uniformité d'un modèle d'objet qui est consulté par les utilisateurs multiples. Des changements aux objets seront administrés par la création des versions et des révisions, qui s'assure que l'état d'objets enregistrés dans des versions précédentes demeurera disponible. Les références entre les objets peuvent se servir de l'information des versions d'objets, de sorte que l'uniformité des données ne soit pas compromise quand de nouvelles versions sont créées.

En littérature, la commande de version au niveau d'objet est décrite dans [Cellary et al. 1990], qui emploient de prétendus 'stamps' pour identifier des versions d'objet dans des bases de données multi-version ; à [Bernstein, 1997], la proposition des opérations de base sur les versions qui sont identifiées par a réussi le rapport ; dans [Kimber et al. 1999] qui décrivent les documents de cheminement réfèrent en tant que des moyens de commander l'information de version par la gestion d'hyperlien.

L'administration des versions et des révisions des objets fournit des moyens d'archiver les changements aux objets. En combinaison avec l'accès authentifié, il est possible de tracer les changements des objets aux utilisateurs qui ont fait ces changements. Avoir un disque de l'historique de chaque objet facilite également la lecture rapide et la reconstitution des états

précédents d'un modèle de conception. Ceci a le potentiel pour, par exemple, la représentation narrative des conceptions et pour des applications informatiques utilisées dans l'éducation et la recherche de conception.

2. *Représentation des versions d'objets*

La plupart des objets ont les structures complexes, c'est-à-dire, ils se composent d'autres objets qui peuvent se composer d'autres objets. Ces objets constituent une hiérarchie. Les objets du niveau le plus bas peuvent se composer eux-mêmes d'objets composants (cycle en V de l'ingénierie système). L'objet le plus élevé dans la hiérarchie s'appelle l'objet composé [Kim et al. 1989]. La modélisation orienté objet permet au concepteur plus de liberté de décider sur le contexte des propriétés et comment est ce qu'elles fonctionnent ensemble en réalisant la fonctionnalité exigée de l'objet conçu, qui est une aptitude importantes pendant la conception. Ainsi, un système orienté propriété n'impose aucun ordre ou d'autres restrictions au processus de conception [Van Leeuwen et al. 2002]. Si le modèle des versions est basé sur l'approche orientée objet, nous pouvons employer le concept de classe et d'instance pour le versionnement.

Afin de tenir compte de cette évolution sans remettre en cause l'existence de la classe précédemment définie, nous avons besoin des versions de classe qui seront employées par les experts de domaine. Nous avons besoin également des versions d'instance de sorte que nous puissions tenir compte de l'évolution des instances (la modification des propriétés contenues dans les exemples). Les versions d'instances seront employées par les utilisateurs finals.

Par conséquent, deux types de versions sont nécessaires :

- Versions des classes : afin de tenir compte de l'évolution des classes (les propriétés et les opérations qu'une classe contient peut être modifiée ou supprimée ou de nouvelles propriétés peuvent être ajoutées).
- Versions d'instances : afin de tenir compte des modifications des propriétés dans les instances.

Les modèles suivants ont des versions de classes et versions d'instances : Orion [Chou et al. 1988] [Kim et al. 1988], Encore [Skarra et al. 1986] [Zdonik, 1986], Avance [Bjomerstedt et al. 1989], Iris [Beech et al. 1988] et Charly [Palisser, 1990]. La plupart des autres modèles ont seulement des versions d'instances. Par conséquent, nous pouvons avoir des versions composées (des versions de classe ou des versions d'instances), issues des objets composés. Les versions composées se composent de versions de composantes (respectivement des versions de classe ou des versions d'instance) qui sont en rapport avec les composants de l'objet. Un des objectifs principaux est d'installer des rapports entre les versions des objets de chaque noeud de cette hiérarchie.

Un objet est soit "versionnable, soit non versionnable selon si sa classe ou son instance de classe sont versionnables ou non [Talens et al. 1993]. Définissant une classe comme versionnable engendre la création de la classe "version de classe générique". La classe "version de classe générique" permet à l'historique de version de la classe versionnable d'être contrôlée et à la version en cours de la classe versionnable d'être connue.

Le rapport entre la classe versionnable et la classe "version de classe générique" est le lien "être-version-de". Les versions définies de la classe versionnable sont liées entre eux par les relations "interversion". Ces différentes versions de classe sont liées à la classe "version de classe générique" par le rapport de transmission "est une".

La classe "version générique d'instance" est créée quand la première version d'instance de la classe versionnable est créée. La "version générique d'instance" permet à l'historique de

ver1 par le rapport de transmission "est une". Provoquer l'évolution de cette version d'instances comporte la création de la version ver1.1 qui est liée à la version d'instances ver1.0 par le rapport "interversion" et au " version générique d'instances de class1" par le rapport de transmission "est une". On note que l'instance "instance1" n'est pas versionnable parce qu'elle a été créée avant que la classe "class1" ait été versionnable. Quand une classe devient versionnable, tous les exemples existants sont gardés mais ils n'héritent pas les propriétés versionnées. Ces instances sont donc non versionnable.

3. *États des versions*

Nous devons également tenir compte de l'état de la stabilité des données contenues dans les versions [Chou et al. 1986] [Chou et al. 1988] [Dittrich et al. 1988] [Katz, 1990] parce que les versions qui contiennent des données instables ne peuvent pas être mises en référence. Celles-ci ont le statut de versions provisoires différentes des versions permanentes qui contiennent des données stables. Dans notre modèle, nous définissons donc deux états :

- Permanent ;
- Provisoire.

Ces états sont employés par les versions de classe ou par les versions d'instances.

3.1. *VERSION PERMANENTE*

Le terme version permanente est employé pour une version qui :

- Est stable, donc la mise à jour est interdite,
- Peut être supprimé.

Une version provisoire peut être dérivée d'une version permanente.

Une version provisoire peut être favorisée à une version permanente. Cette promotion peut être explicite (fait par l'utilisateur) ou implicite (fait par le modèle). Nous distinguons deux types de promotion :

- La promotion est explicite, c'est-à-dire, l'utilisateur décide qu'il veut transformer une version provisoire en version permanente.
- La promotion est implicite, c'est-à-dire, l'utilisateur veut dériver une version d'une version provisoire. Dans ce cas-ci, le modèle transforme la version provisoire en version permanente et l'utilisateur peut alors créer sa dérivation.

3.2. *VERSION PROVISOIRE*

Le terme version provisoire est employé à une version pour laquelle :

- La mise à jour est possible,
- La suppression est possible.

Une version provisoire ne peut pas être dérivée d'une version provisoire et une version permanente ne peut pas être dérivée d'une version provisoire.

Quand une version est créée, son état est provisoire par défaut. Son état peut devenir permanent, soit parce que l'utilisateur a décidé ce-ci (après la vérification il pense que sa version est donc constante stable) ou parce qu'il a voulu dériver une version d'une version provisoire (cette transformation est exécuté par le modèle).

Une version permanente peut devenir une version provisoire (transformation exécutée par l'utilisateur) si cette version n'a pas des versions qui sont ses dérivés et, dans le cas d'une version de classe, si aucune version d'instance n'a été créée d'elle.

4. *Les rapports de transmission des versions*

Des versions de classe sont dérivées d'une classe versionnable ou des versions existantes de cette classe. Les différentes versions dérivées d'une classe versionnable sont liées entre eux par le rapport "être-dériver-de-avec - *" où * peut représenter différentes relations :

- Excepté (qui représente le rapport de transmission et exprime la notion de l'exception au sujet des propriétés) indique les attributs à enlever de la nouvelle version.
- Plus (qui représente le rapport de transmission et exprime la notion de la spécialisation au sujet des propriétés) indique les attributs à ajouter à la nouvelle version.
- Modif. (qui représente le rapport de transmission et exprime la notion de masquer au sujet des propriétés) indique les attributs dont les valeurs seront modifiées dans la nouvelle version.
- Se référer (qui représente le rapport de transmission et exprime une notion de la priorité). Ce rapport permet d'éviter les conflits produits par le fusionnement des versions. Quand une version a plusieurs versions antécédentes, ce rapport permet à une version d'être indiquée (pour laquelle toutes les propriétés et valeurs seront héritées dans le cas du conflit).

Ces différents rapports permettent aux différences entre deux versions successives d'être identifiées. Par conséquent, les utilisateurs peuvent mieux suivre l'évolution des différentes versions. Les rapports interversion qui existent entre les versions d'instance sont "être-dériver-de-avec-modif" et "être-dériver-de-avec-réfère", afin de respecter les règles qui déclarent qu'une instance appartient à sa classe. Ces rapports sont les mêmes que ceux définis précédemment entre les versions de classe.

Différentes opérations peuvent être exécutées sur ces versions [Oussalah et al. 1992] :

- Dérivation,
- Modification,
- Suppression.

Dans la plupart des modèles, quand une nouvelle version est créée, elle est liée seulement à ses antérieures par le rapport entérieure/successeeur [Landis, 1986] [Palisser, 1990] ou par le rapport être-dériver-de [Katz et al. 1987] [Kim, 1990]. Chaque version est liée à un ensemble de version d'objet ou un objet générique par le rapport membre-de-version-ensemble [Zdonik, 1986] ou par le rapport version-de [Beech et al. 1988].

5. *Evolution des versions d'objet*

L'évolution des versions d'objet est un mécanisme important pour le contrôle de l'évolution des objets. La propagation des versions est le processus qui incorpore automatiquement de nouvelles versions des objets composés chaque fois que une version d'un de ses objets composants est créée [Katz, 1990].

Dans le modèle Talens, Oussalah et Colinas [Talens et al. 1993], la création des versions peut être évolutive :

- Soit par la désignation d'un attribut composé sensible,
- ou par la désignation d'une version sensible.

5.1. ATTRIBUT COMPOSE SENSIBLE

La création d'une version composante liée à l'attribut composé sensible ne fait pas produire une évolution de versions (des versions de classe ou des versions d'instances) parce que les versions ont des états (provisoires ou permanents). L'évolution des versions est exécutées seulement quand une version composante est indiquée en tant qu'être permanente par l'utilisateur.

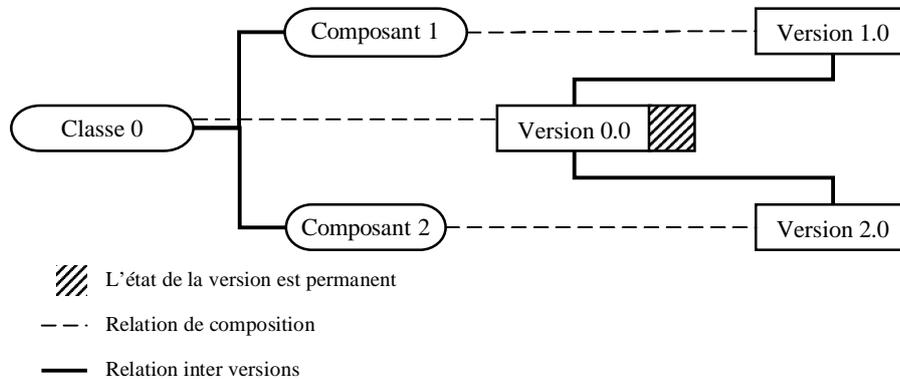


Figure 5-2. Attribut composé sensible

La classe "class0" se compose de deux composants "composant 1" et "composant 2" (voir figure 5-2). L'attribut "Acomposant1" de "class0" a la valeur "composant 1". Cet attribut a été indiqué comme attribut composé sensible par l'utilisateur. L'attribut "Acomposant2" a la valeur "composant 2". Cet attribut n'est pas un attribut composé sensible. Par conséquent, la création des versions dérivées de "composant 2" ne causera pas la création des versions de la classe "class0". Au contraire, la création des versions dérivées de "composant 1" causera la création des versions de "class0".

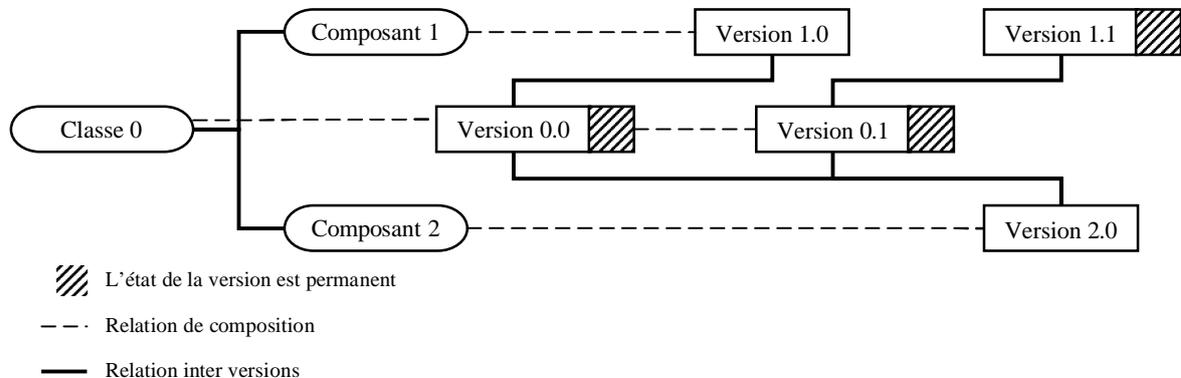


Figure 5-3. Propagation de version provoquée par un attribut composé sensible

La version ver0.0 de "class0" se compose de la version Ver1.0 de "composant 1" et de la version ver2.0 de "composant 2". La création de la version ver1.1 de la version ver1.0 ne provoque pas la propagation de la version, bien que l'attribut "Acomposant1" soit indiqué comme attribut composé sensible. D'autre part, le fait que ver1.1 devient permanente (voir figure 5-3) ce-ci cause la propagation de la version car l'attribut "Acomposant1" est un attribut composé sensible. Par conséquent, la version ver0.1 de "class0" est créée (voir figure 4). La version ver0.1 de "class0" se compose de la version ver1.1 de "composant1" et de la version ver2.0 de "composant2". Le rapport de composition entre ver2.0 et la version ver0.0 n'est pas affecté par la propagation. Il est maintenu donc dans la version ver0.1.

5.2. VERSION SENSIBLE

Une autre manière pour propager la création des versions (des versions de classe ou des versions d'instance) est d'indiquer une version permanente comme étant sensible pour la propagation.

Quand l'utilisateur pense qu'une version est permanente, il indique cette version en tant que permanente. Il peut également la désigner comme version sensible et donc, des versions composée et/ou composante de cette version seront créées. La propagation ascendante, descendante ou mixte sera activée. Dans cet exemple (figure 5-4), la classe "class0" se compose de classes "composant2" et "composant1". Le dernier est lui-même composé de deux classes "composant11" et "composant12". Toutes ces classes sont versionnables. Les attribues composés "Acomposant1" et "Acomposant2" de l'objet "class0" ne sont pas des attribues composés sensibles. Les attribues composés "Acomposant11" et "Acomposant12" du "composant1" ne sont également pas sensibles. La version ver0.0 de la classe "class0" se compose de version ver2.0 de "composant2" et de la version ver1.0 de "composant1". Le dernier se compose de version ver11.0 de "composant11.0" et de version ver12.0 de "composant12".

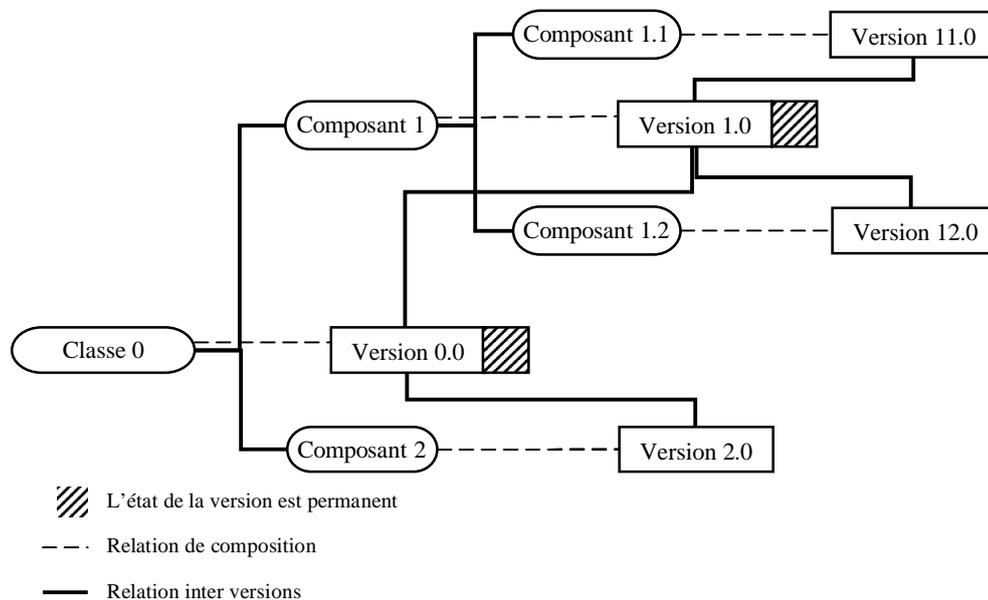


Figure 5-4. Versions composées

6. Réutilisation des données de conception existantes

Des concepteurs multiples peuvent travailler concurremment sur divers aspects (métiers) et composants (composition systémique) d'un même concept. La majorité des sous systèmes (composants) du concept sont des objets complexes (moteur, système de transmission, système de climatisation, etc.) qui se décomposent à leur tour en sous systèmes, ensemble et composants. De ce fait, les objets complexes sont versionnés en conception à tous les niveaux de leur composition (versions de sous systèmes, d'ensemble et de composants). Ceci met en évidence le besoin d'une bonne gestion des configurations. Une configuration est une collection numérotée d'objets versionnés dans une hiérarchie de composition (nomenclature), qui peut être traitée comme version monolithique libre. Chacun des sous systèmes, ensembles ou composants est caractérisé par un artefact (CAO). Sachant que n'importe quel artefact existant peut être réutilisé dans une nouvelle conception en le considérant comme objet pouvant être versionné. Une fois qu'un sous système, un ensemble ou un composant est devenu une version d'objet, il peut être adapté à travers un processus de spécialisation et la

version sera fusionnée à la forme exigée par le processus de conception courant [Carnduff et al. 1993] et [Kim et al. 1995].

L'évolution d'un composant particulier en conception peut progresser de conception préliminaire à la conception finale par une série de versions dans une spirale de conception (voir figure 5-5), où des méthodes empiriques approximatives dans une version antérieure peuvent être remplacées par des procédures de calcul complètes dans une version postérieure ou par une forme directement matérialisée à la fin de la conception. Cette technique de matérialisation de fonction pour être particulièrement utiles en conception routinière. La matérialisation de fonction permet d'évoluer la conception des objets pour accéder aux résultats près calculés au niveau des fonctions d'objets matérialisés (materialized function objects "MFOs"). Ceci engendre l'épargne substantielle du temps en renvoyant des valeurs fonctionnelles. La technique capture les dépendances entre les objets qui ont contribué au calcul initial des fonctions du processus de conception. Si un objet dépendant change avec une invalidation générée par les résultats de fonction, le prototype implémenté recalculera automatiquement l'ensemble approprié des résultats de fonctions et les stockera dans une nouvelle version du MFO s'ils n'existent pas déjà dans un MFO.

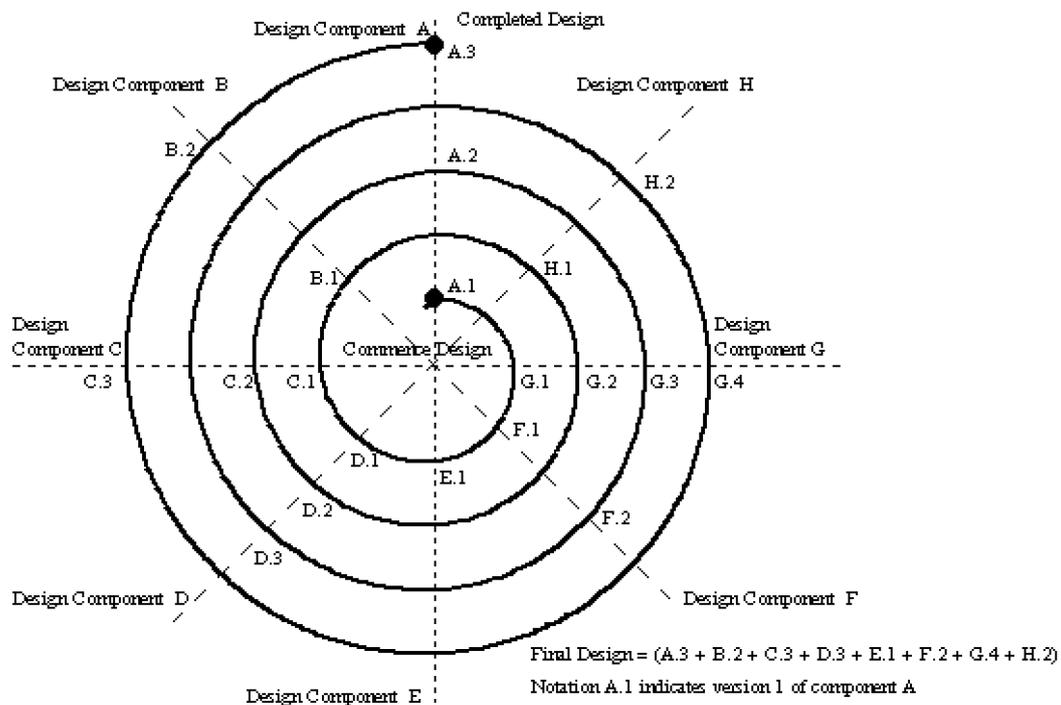


Figure 5-5. La spirale de design montrant l'évolution des versions, [Carnduff et al. 1993]

Ceci est illustré sur la figure 5-6, où un artefact « pont » et son MFOs peuvent évoluer à travers plusieurs versions. Chaque version d'artefact est liée aux versions appropriées de MFO par la gestion des configurations. Cette approche de versionnement peut supporter l'utilisation des formules approximatives pour fournir des mises à jour des tailles de section ou des sections d'acier renforcé. La conception préliminaire et les approximations dans le système de prototype sont basées sur la réutilisation de ces conceptions. Dans ce modèle de versionnement, l'ensemble de versions d'un objet est contrôlé par une version générique. Cette version générique maintient l'histoire de l'évolution de version et fournit les moyens de l'accès à chacune des versions d'objet dans l'ensemble de versions, à travers une référence dynamique. Les objets versionnés peuvent, cependant, être également mis en référence statiquement sans référence à la version générique.

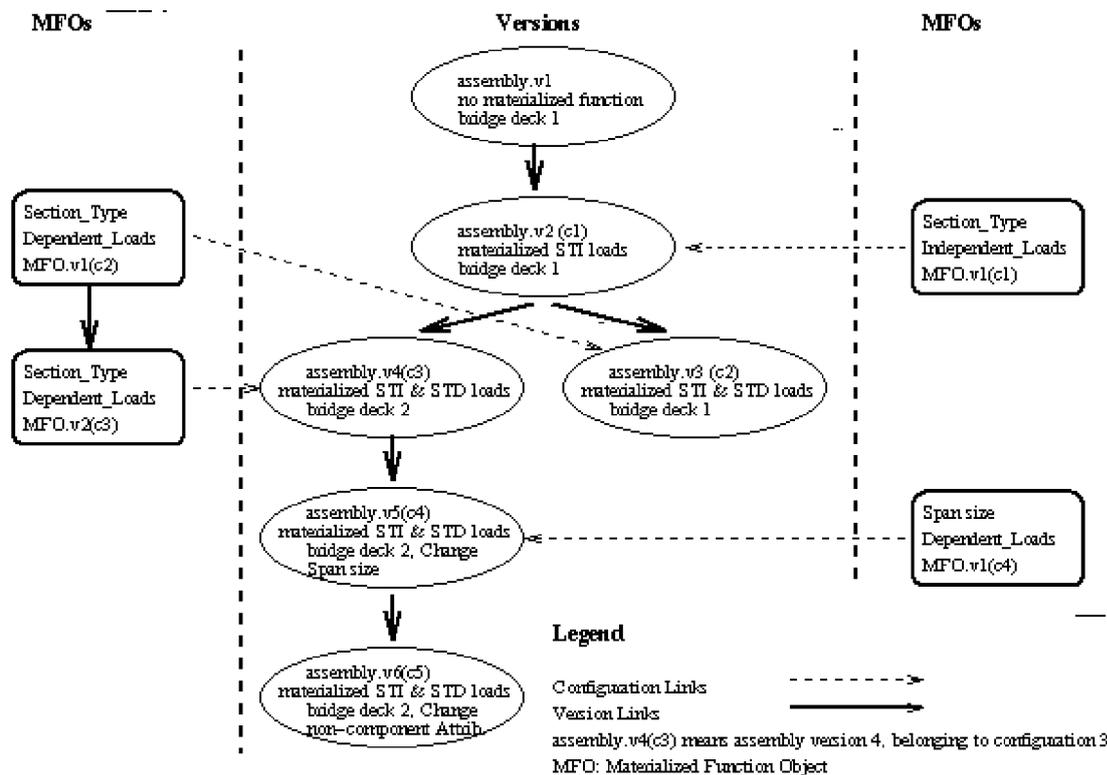


Figure 5-6. Evolution des objets complexes avec des fonctions matérialisées

II- VERSIONNEMENT D'ONTOLOGIE

1. Qu'est ce que le versionnement d'ontologies

L'objectif de l'ingénierie d'ontologie est la réutilisation des systèmes basés sur les connaissances (KBS) en construisant et en partageant les ontologies de domaine, qui semble sémantiquement aux caractéristiques des conceptualisations de domaine [Neches et al. 1991]. Ce secteur de recherches a rapidement décalé sa focalisation de l'édition et de l'application des ontologies simples aux différents aspects de contrôler les ontologies multiples dans un environnement distribué [Klein et al. 2002]. La plupart de ces aspects impliquent la vérification, la maintenance, et la réutilisation des ontologies multiples dans un contexte sémantique d'enchaînement. De telles tâches de gestion de connaissances sont accomplies en partageant, en traçant, en combinant, et versionnant un certain nombre d'ontologies distribuées [Noy et al. 2003]. Le versionnement d'ontologie traite la gestion des changements d'ontologie, y compris l'évaluation des conséquences surgissant de ces changements.

Une fois les ontologies seront déployées, elles doivent inévitablement changer s'ils doivent rester utiles. Le déploiement de l'ontologie permet à de nouvelles exigences d'émerger afin d'appeler les conditions existantes à changer. Ces changements ne sont pas simplement concernés par la réparation des défauts omis pendant la phase de construction d'ontologie.

La recherche sur le versionnement et l'évolution d'ontologie se concentre sur les questions de la façon dont les ontologies traitent les environnements internes et externes en cours d'évolution. Selon [Noy et al. 2003], le versionnement et l'évolution d'ontologie sont définis comme "capacité de contrôler des changements d'ontologie et leurs effets en créant et en maintenant différentes variantes de l'ontologie". Ces capacités incluent des méthodes pour

distinguer et identifier les versions, les caractéristiques les rapports entre les versions, la mise à jour et les procédures de changement pour des ontologies, et les mécanismes d'accès qui fusionnent les versions d'un ontologie et les données correspondantes.

2. *Gestion des versions d'ontologies*

Jusqu'à aujourd'hui, les recherches sur le versionnement d'ontologie ont provoqués, d'une façon ou d'autre, différents cadres complémentaires pour le versionnement d'ontologie et une évolution dans le contexte de la gestion d'ontologies multiples. Les chercheurs ont proposé plusieurs directions pour soutenir le versionnement et l'évolution d'ontologie :

L'approche versionnement d'ontologie pour le Web sémantique [Klein et al. 2002a] fait partie du cadre d'infrastructure de l'ontologie Wonder Web [URL 1]. Elle se concentre principalement sur les versions d'ontologie pour lesquelles un historique des changements est disponible. L'approche inclut également le système de versionnement OntoView [Klein et al. 2002], qui peut accentuer des changements des concepts appartenant aux ontologies différenciés. OntoView est un système versionnement d'ontologie qui est basé sur la comparaison de deux versions d'ontologie afin de détecter le changement. Pour ce un système de gestion déductif d'ontologie (IOMS: Inferential Ontology Management System) équipé d'un environnement de versionnement d'ontologie (OVEN: Ontology Versioning Environment) [Compatangelo et al. 2004] permet de soutenir la construction, l'évolution et l'entretien des ontologies, en créant des historiques de versionnement virtuels toutes les fois que nécessaire.

L'approche de gestion d'évolution d'ontologie [Maedche et al. 2003] fait partie du cadre Karlsruhe ONtology and Semantic Web (KAON) [URL 2]. Elle se concentre principalement sur les versions d'ontologie dans lesquelles des articulations entre les concepts peuvent être présentées tels que la récupération des exemples d'ontologie n'est pas affectée une fois une nouvelle version d'ontologie remplace ancien. Dans ce cadre Stojanovic et Motik [Stojanovic et al. 2002] ont présenté la notion des stratégies d'évolution, qui permet aux développeurs d'indiquer des effets complexes de changement. L'approche inclut également le système Ontologging [Maedche et al. 2002], qui établit les ponts sémantiques entre les concepts dans différentes versions d'ontologie.

L'approche basée sur les composants pour l'évolution d'ontologie [Klein et al. 2003] fait partie du cadre de développement de l'ontologie Protégé [URL 3]. Elle se concentre principalement sur les versions d'ontologie pour lesquelles un historique de version n'est pas disponible. L'approche inclut également le système Prompt [Noy et al. 2003], qui établit des projections topographiques entre les concepts dans différentes versions d'ontologie basées sur leur degré de similitude. Tous ces cadres se concentrent au moins partiellement sur un ou plusieurs des aspects suivants :

- Représenter des détails des modifications entre les versions d'ontologie [Klein et al. 2003], [Heflin et al. 2000].
- Spécifier les opérations de modifications d'ontologie et analysant les différentes implications de ces opérations dans divers contextes [Noy et al. 2004].

3. *Evolution des versions d'ontologie*

3.1. **REPRESENTATION DES VERSIONS D'ONTOLOGIES**

A partir d'une ontologie existant Ω_0 , les utilisateurs peuvent effectuer les opérations quelconques $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n$, ce qui conduit indépendamment au développement des

anthologies $\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_n$ qui se chevauche de ce fait partiellement. Alternativement, à partir d'une ontologie existant Ω_i , les utilisateurs peuvent effectuer les opérations f_1, f_2, \dots, f_n , ce qui développe conjointement de versions distinctes d'ontologie $\Omega_{[i;1]}, \dots, \Omega_{[i;j]}$. Les paramètres associés et les résultats de chaque opération, sont enregistrés et rendus disponible pour l'inspection par d'autres utilisateurs et/ou par d'autres services de raisonnement.

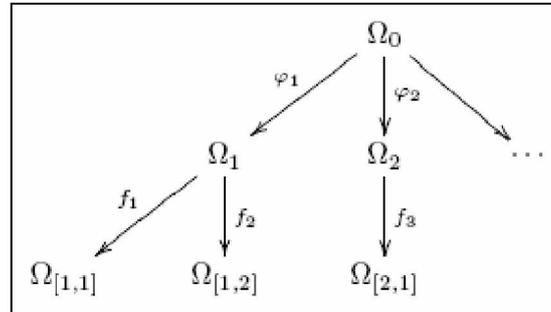


Figure 5-7. Espace de conception d'ontologie

Les différentes versions annotées caractérisent entièrement l'historique de développement d'une ontologie, car l'ordre des opérations de modification peut être reconstruit en comparant des ontologies variables disponibles. La même ontologie peut être éditée différemment par différents utilisateurs ; en conséquence, l'espace de conception est exploré par l'intermédiaire d'un arbre enraciné sur l'ontologie initiale Ω_i , dont les noeuds sont de nouvelles versions variables de Ω_i . Les flèches reliant un noeud Ω_i à ses noeuds de progéniture $\Omega_{[i;1]}, \Omega_{[i;2]}, \dots, \Omega_{[i;n]}$ sont les opérations d'édition f_k appliquées à Ω_i et ayant pour résultat $\Omega_{[i;1]}, \Omega_{[i;2]}, \dots, \Omega_{[i;n]}$. La topologie de l'espace de conception est montrée sur la figure 5-7.

3.2. SCENARIOS D'EVOLUTION DES VERSIONS D'ONTOLOGIES.

Ernesto Compatangelo, Wamberto Vasconcelos et Bruce Scharlau, [Compatangelo et al. 2004] ont employé les constructions mathématiques simples pour présenter leur exemple pour ne pas surcharger la discussion avec les détails techniques, éviter des engagements préliminaires aux formalismes particuliers (logiques de description, RDF, UML, etc.) et notations (diagrammes de XML, d'UML).

Pour Compatangelo, Vasconcelos et Scharlau, une ontologie est modélisée comme étant la paire $\Omega = \langle C; R \rangle$, où $C = \{C_1; \dots; C_n\}$ est un ensemble de concepts C_i et $R = \{\rho_1; \dots; \rho_m\}$ est un ensemble de rapports. Chaque définition de concept est de la forme $\langle c; \{\langle a_0; v_0 \rangle; \dots; \langle a_n; v_n \rangle\} \rangle$, où c est le nom du concept et $\langle a_i; v_i \rangle$ sont des paires d'attribut de nom a_i et de valeur v_i .

Quelques opérations typiques effectuées sur des ontologies peuvent être formellement représentées en tant que réécriture des règles comme suit :

- *Création d'un concept* : une définition de concept est présentée dans l'ensemble C avec une entrée supplémentaire dans un des rapports ρ_j .

$$\langle C, R \rangle \xrightarrow{c} \langle C \cup \{C'\}, (R - \{\rho_j\}) \cup \{\rho_j \cup \{\langle C, C' \rangle\}\} \rangle$$

Des contraintes additionnelles peuvent être exigées pour représenter avec précision les conditions dans lesquelles l'opération peut être effectuée. Par exemple, $C' \in C$, (le concept avec lequel C est récemment relié doit déjà être un concept dans Ω (probablement englobant tous les concepts)).

- *Renommer un concept* : le nom d'un concept peut être changé et ce changement doit être propagé dans toute l'ontologie.

$$\langle \mathcal{C} \cup \{ \langle c, \mathcal{A} \rangle \}, \mathcal{R} \rangle \xrightarrow{r} \langle \mathcal{C} \cup \{ \langle c', \mathcal{A} \rangle \}, \mathcal{R} \cdot \{ c/c' \} \rangle$$

Le concept $C = \langle c ; \mathcal{A} \rangle$ est retiré à $C' = \langle c' ; \mathcal{A} \rangle$, \mathcal{A} étant l'ensemble des paires d'attribut/valeur. L'opération doit remplacer chaque occurrence de c avec c' dans les ensembles de \mathcal{R} , dénotés par $\mathcal{R} \cdot \{ c/c' \}$.

- *Addition de paire d'attribut/valeur à un concept* : un concept existant peut être modifié pour s'adapter à une paire d'attribut/valeur $\langle a ; v \rangle$ supplémentaire.

$$\langle \mathcal{C} \cup \{ \langle c, \mathcal{A} \rangle \}, \mathcal{R} \rangle \xrightarrow{a} \langle \mathcal{C} \cup \{ \langle c, \mathcal{A} \cup \{ \langle a, v \rangle \} \} \}, \mathcal{R} \rangle$$

La liste ci-dessus n'est pas exhaustive. Les opérations exigent l'intervention de l'utilisateur, pour fournir les détails d'une définition de concept, pour choisir le concept à renommer (et son nouveau nom), pour choisir le concept à modifier et ainsi de suite.

La figure 5-8 illustre un scénario sur où les différentes ontologies peuvent converger selon les opérations effectuées sur elles. Des graphiques peuvent, cependant, être détaillées en arbres par des noeuds de qui peuvent converger deux (ou plus) branches.

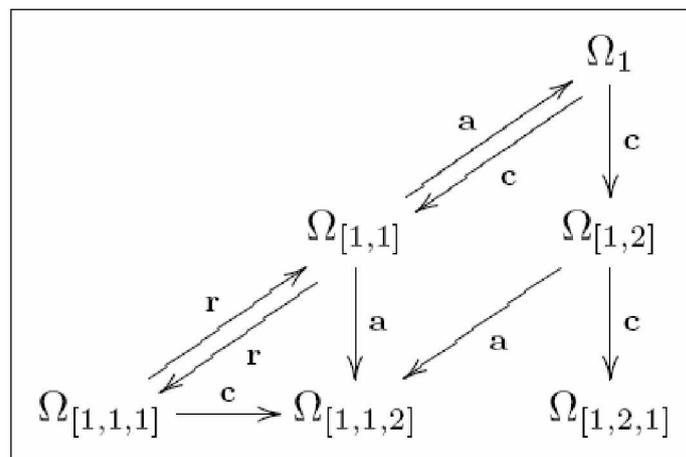


Figure 5-8. Exemple d'espace d'ontologie

Dans la figure 5-8 les opérations définies ci-dessus sont employées pour obtenir de nouvelles ontologies. Les opérations sont enregistrées et les paramètres spécifiques fournis par les utilisateurs sont également incorporés à l'espace versionnement. La convergence dans un espace de version se permet de suggérer que bien que les utilisateurs vont le long de différents chemins de conception, ils atteignent par la suite une ontologie convenable. Dans cet exemple, la version $\Omega [1;1;2]$ a été atteinte par l'intermédiaire de trois chemins alternatifs de conception.

III- VERSIONNEMENT ET EVOLUTION DE SCHEMA DANS LES BASES DE DONNEES

1. Qu'est ce que le versionnement de schéma de base de données

La recherche dans le versionnement et l'évolution d'ontologie a emprunté beaucoup d'idées du versionnement et l'évolution de schéma dans la recherche de base de données. Ainsi, il pourrait être bénéfique de regarder les solutions analogues proposées pour le versionnement et l'évolution des ontologies.

Le schéma est en fait une agrégation de plusieurs méta objets reliés ensemble par la transmission et l'association. Ainsi la première question est, à quelle granularité nous enregistrons des versions de schéma ? Nous pourrions versionner seulement le schéma complet [Odberg, 1994]. Cependant, cette approche ne peut pas être maintenue quand des modifications indépendantes au schéma doivent être fusionnées (par exemple, quand deux nouveaux types sont indépendamment ajoutés au schéma). Un outil de fusion devrait identifier les modifications comme l'affectation de méta objets, et donc être potentiellement compatible. Nous versionnons donc chaque méta objet séparément, et nous considérons la version de schéma comme étant une agrégation de différentes versions. Les associations entre les méta objets sont juste traitées comme des liens entre le contenu des objets : La version de l'objet cible est déterminée par la zone de travail, pas par le lien.

Les systèmes de base de données sont rarement stables après l'implémentation initiale. La modification du schéma de base de données est une activité ordinaire mais souvent il serait un évènement ennuyeux dans l'administration de base de données. Le versionnement et l'évolution de schéma ont surgi dans le contexte des applications à longue vie de base de données, où des données stockées ont été considérées intéressantes et survit les changements dans schéma de base de données [Franconi et al. 2002]. Selon les définitions données dans un glossaire consensuel [Jensen et al. 1998], l'évolution de schéma permet aux bases de données de modifier le schéma sans perte de données existantes ; en outre, le versionnement de schéma permet aux bases de données de mettre évidence toutes les données au moyen de n'importe quelle version de schéma selon la préférence de l'utilisateur ou de l'application. L'évolution de schéma peut être considérée comme caisse spéciale de versionnement de schéma [Franconi et al. 2002] où seulement la version courante de schéma est maintenue basée sur ses définitions et ses arguments [Roddick, 1995].

2. *Evolution des versions*

Depuis l'introduction des ressources de modification de schéma dans les systèmes de base de données, deux problèmes fondamentaux seront résolus : la sémantique de la modification et de propagation des modifications. La sémantique des modifications entraîne la vérification et la maintenance de l'uniformité de schéma après modification. L'utilisation de la technologie base de données orientée objet permet à de telles données d'être stockées d'une façon plus cohérente et plus logique qui facilite considérablement son accès pour la re-conception en utilisant les approches précédentes finies qui ont été basées sur les systèmes apparentés. Par exemple, ORION [Banerjee et al. 1987] et systèmes O2 (O2 Technology, 1994) [Ferrandina et al. 1995] emploient cette approche pour soutenir le versionnement et l'évolution de schéma. En outre, un ensemble d'axiomes sont employés pour formaliser la dynamique de l'évolution du schéma qui est la gestion actuelle des modifications de schéma d'un système fonctionnel. La propagation des modifications implique l'uniformité des données existantes du schéma modifié. [Roddick, 1995] Fournit un excellent aperçu sur les questions au sujet du versionnement et d'évolution de schéma dans les systèmes de base de données.

Une des exigences d'un environnement de conception multi utilisateurs est la possibilité donnée aux utilisateurs de manipuler plusieurs ensembles d'objets sous différentes versions de schémas de classes. Parmi plusieurs approches destinées à satisfaire cette exigence (versions de schémas, versions de classes, vues de schéma), ORION [Lerner et al. 1990] et OTGEN proposent l'approche de versions de schémas où tout un graphe de classes est vu comme une version ; tandis que ENCORE [Skarra et al. 1986] [Skarra et al. 1987], GUIDE [Krakowiak et al. 1987], ADELE [Ahmed-Nacer, 1994], etc. développent un modèle de versions de classes.

Lorsque la définition d'une classe évolue, l'utilisateur ne crée pas une version de classe mais une version du schéma contenant la classe modifiée. A un instant donné, l'utilisateur travaille sur

une version de schéma courante [Bounaas, 1995]. Il peut accéder à l'ensemble des objets visibles dans cette version ("access scope"), qui englobe l'ensemble des objets créés sous cette version ("direct access scope") et ceux hérités des versions ancêtres.

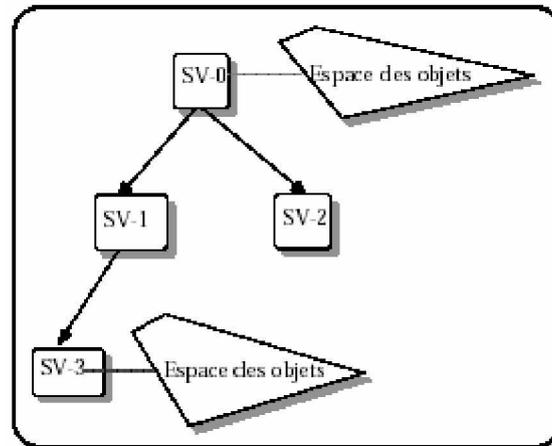


Figure 5-9. Hiérarchie des versions de schéma

Dans la figure ci-dessus, SV-3 est un descendant de SV-0 et une fille de SV-1. Inversement SV-0 est un ancêtre de SV-3 et un parent de SV-1 et SV-2.

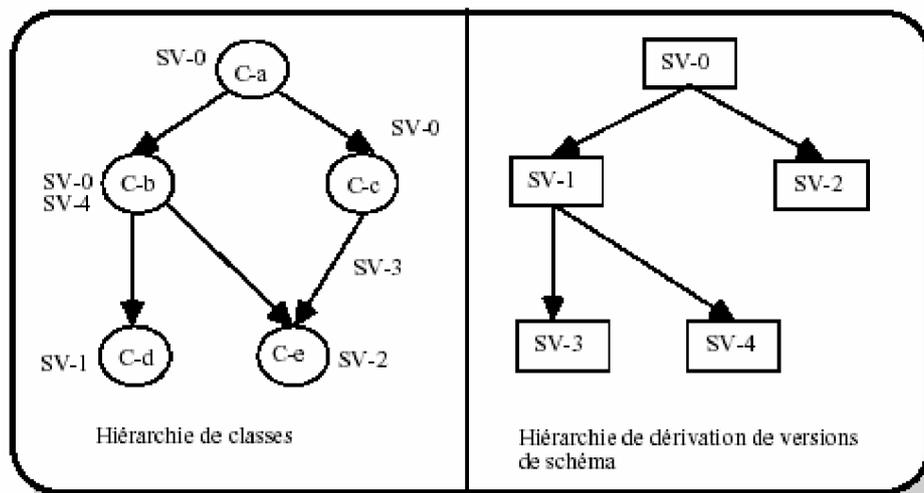


Figure 5-10. Hiérarchie des versions de schéma

La figure ci-dessus illustre la représentation des schémas de versions où la hiérarchie de classes est construite et modifiée en générant une hiérarchie de cinq versions de schémas. Dans la hiérarchie de classes, on marque chaque classe ou lien interclasses par les versions de schémas sous lequel ils ont été créés, manipulés ou détruits. Dans la figure ci-dessus, C-a, C-b, C-c sont créés en sous la version de schéma SV-0. Cette hiérarchie est modifiée en rajoutant des classes (C-d sous SV-1 et C-e sous SV-2) et des liens (Lien entre C-c et C-e sous SV-3).

IV- BILAN DU CHAPITRE 5

Le maintien des versions d'information sert trois objectifs. D'une part d'enregistrer l'historique de l'information afin d'éviter la répétition des opérations. D'autre part de permettre des changements aux données sans références compromettantes aux versions précédentes de ces données et l'inspection et la comparaison des versions. Dans la littérature

il y a plusieurs travaux qui ont abordé le versionnement, notamment le versionnement d'objets, d'ontologie et de schémas de base de données.

En tant qu'une structure complexe, l'objet ou l'un de ses composants peut être versionné. Nous pouvons employer le concept de classe et d'instance pour le versionnement pour décrire ce mécanisme de versionnement en utilisant différents rapports de transmission. L'évolution des versions est le processus qui incorpore de nouvelles versions d'objets composés chaque fois que une version d'un de ses objets composants est créée. La création des versions peut être évolutive, soit par la désignation d'un attribut composé sensible, ou par la désignation d'une version sensible.

La recherche sur le versionnement et l'évolution d'ontologie est focalisée sur les questions de la façon dont les ontologies traitent les environnements internes et externes en cours d'évolution "capacité de contrôler des changements d'ontologie et leurs effets en créant et en maintenant différentes variantes de l'ontologie". Plusieurs approches sur la gestion et l'évolution des versions d'ontologies ont été mis en œuvre, tels que : OntoView, IOMS (Inferential Ontology Management System), OVEN (Ontology Versioning Environment), KAON (KARlsruhe ONtology and Semantic Web).

Inspiré du versionnement d'ontologies, les mécanismes de versionnement des schémas de base de données sont analogues à ceux proposées pour le versionnement et l'évolution des ontologies. Parmi les approches qui ont traité le versionnement des schémas de base de données, on distingue : ORION, OTGEN, ENCORE, GUIDE et ADELE.

Références bibliographiques

- [Ahmed-Nacer, 1994] M. Ahmed-Nacer. Un modèle de gestion et d'évolution de schéma. Thèse INPG, Grenoble, Juillet 94.
- [Banerjee et al. 1987] Banerjee, J., Kim, W., Kim, H. J., and Korth, H. F., Semantics and Implementation of Schema Evolution in Object-Oriented Databases. In: Proceedings of the ACM-SIGMOD Annual Conference, May 1987, pp 311-322.
- [Beech et al. 1988] D. Beech and B. Mahbod, "Generalized Version Control in an Object-Oriented database", IEEE Conference on Data Engineering, Los Angeles, CA 1988.
- [Bernstein, 1997] Bernstein, P.A. 1997. "Repositories and Object-Oriented Databases." In: Dittrich and Geppert (eds.) Datenbanksysteme in Buro, Technik und Wissenschaft (Proceedings of BTW Conference), Springer Verlag, Berlin.
- [Bjomerstedt et al. 1989] A. Bjomerstedt, C. Hulten, "Version control in an object-oriented architecture", Object-oriented Concepts, Databases, and Applications, Edited by W. Kim, F.H. Lochovsky, By ACM 1989.
- [Bounaas, 1995] BOUNAAS Fethi, 'Gestion de l'évolution dans les bases de connaissances : une approche par les règles' Thèse INPG, Spécialité : Informatique, 11 Octobre 1995.
- [Carnduff et al. 1993] Carnduff, T. and Gray, A. Function materialization through object versioning in object-oriented databases, In Proc.of British National Conference on Databases (BNCOD11), Springer -Verlag, pages 111--128, 1993.
- [Cellary et al. 1990] Cellary, W. and Jomier, G. 1990 "Consistency of Versions in Object-Oriented Databases." In: Proceedings of the 16th VLDB Conference, Brisbane, Australia, 1990. pp. 432-441.
- [Chou et al. 1986] H.T. Chou and W. Kim, "A unifying framework for versions in a CAD environment", in Proc. Znt. Conf Very Large Data Bases, Kyoto, Japan, Aug. 1986.
- [Chou et al. 1988] H.T. Chou and W. Kim, "Versions and change notification in an object-oriented database system", in Proc. 25th ACMIEEE Design Automat, June 1988
- [Compatangelo et al. 2004] Ernesto Compatangelo Wamberto Vasconcelos Bruce Scharlau, Managing ontology versions with a distributed blackboard architecture IA 2004.
- [Dittrich et al. 1988] K.R. Dittrich and R.A. Lorie, "Version support for engineering database systems", Transactions on Software Engineering, Vol. 14, No 4, April 1988.
- [Ferrandina et al. 1995] Ferrandina, F., Meyer, T., Zicari, R., Ferran, R., and Madec, J., Schema and Database Evolution in the O2 Object Database System, In: Proceedings of International Conference on Very Large Databases (VLDB), September 1995, pp170-181.
- [Franconi et al. 2002] Franconi, E., Grandi, F., and Mandreoli, F., A Semantic Approach for Schema Evolution and Versioning in Object-Oriented Databases, In: Proceeding of the Sixth International Conference on Rules and Objects in Databases (DOOD 2002), 2002.
- [Heflin et al. 2000] J. Heflin and J. Hendler. Dynamic Ontologies on the Web. In Proc. of the American Association for Art'l Intell. Conf. (AAAI-2000). AAAI Press, 2000.
- [Jensen et al. 1998] Jensen, C. S., Clifford, J., Gadia, S. K., Hayes, P., and Jajodia, S., et al, The Consensus Glossary of Temporal Database Concepts, February 1998 Version. In: Etzion, O., Jajodia, S., and Sripada, S., editors, Temporal Databases - Research and Practice, Springer-Verlag, 1998, pp 367-405.
- [Katz et al. 1987] R.H. Katz et al., "Design version management", IEEE DESIGN&TEST, pp. 12-22, February 1987.

- [Katz, 1990] R.H. Katz, "Toward a unified framework for version modelling in engineering databases", A CM Computing Surveys, Vol. 22, No 4, pp 375-408, 1990.
- [Kim et al. 1988] W. Kim, H.T. Chou, "Versions of schema for object oriented databases", Proceedings of the 14th VLDB Conference, Los Angeles, California, 1988.
- [Kim et al. 1989] W. Kim, E. Bertino, J.F. Garza, "Composite objects revisited", in Proc.ACM SIGMOD Intl. Conf. on Management of Data Portland, OR Vol. 18, No2, June 1989.
- [Kim, 1990] W. Kim, "Introduction to Object-oriented databases", MIT Press, Cambridge Massachusetts, 1990.
- [Kim et al. 1995] Kim I., Carnduff T., Gray A. and Miles M., Object-oriented design system to support concurrent reuse of engineering design, In John Murphy, editor, The Second international Conference on Object-oriented information systems, IOOS'95, pages Dublin Ireland, 1995.
- [Kimber et al. 1999] Kimber, W.E., Newcomb, S., and Newcomb, P. 1999 "Version Management as Hypertext Application: Referent Tracking Documents." In: Usdin, B.T. (ed.) Proceedings of Markup Technologies '99. Philadelphia, Pennsylvania, USA, Dec. 7-9, 1999. pp. 185-198.
- [Klein et al. 2002] M. Klein et al. Ontology versioning and change detection on the web. In Proc. of the 13th Int'l Conf. on Knowledge Engineering and Knowledge Management (EKAW'2002), pages 197{212. Springer-Verlag, 2002.
- [Klein et al. 2002a] M. Klein et al. OntoView: Comparing and versioning Ontologies. Collected Posters of the 1st Int'l Semantic Web Conf. (ISWC'2002), 2002.
- [Klein et al. 2003] M. Klein and N. F. Noy. A component-based framework for ontology evolution. In Proc. of the IJCAI '03 W'shop on Ontologies and Distributed Systems, 2003.
- [Krakowiak et al. 1987] S. Krakowiak & al. Modèle d'objets et langage du système Guide, Rapport N. 2, LGI-BULL, Grenoble 1987.
- [Landis, 1986] G.S. Landis, "Design Evolution and History in an Object-Oriented CAD/CAM Database", IEEE COMPCON, San Francisco, CA 1986.
- [Lerner et al. 1990] B.S. Lerner, A.N. Habermann. Beyond schema evolution to database reorganisation. In Proc. ECOOP '90, Octobre 1990.
- [Maedche et al. 2002] A. Maedche et al. Managing Multiple Ontologies and Ontology Evolution in Ontologging. In Proc. of the Conf. on Intelligent Information Processing, World Computer Congress 2002, pages 51{63. Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [Maedche et al. 2003] A. Maedche et al. Ontologies for enterprise knowledge management. Intelligent Systems, 18(2):26-33, 2003.
- [Neches et al. 1991] R. Neches et al. Enabling technology for knowledge sharing. AI Magazine, 12(3):36{56, 1991.
- [Noy et al. 2003] N. F. Noy and M. A. Musen. Ontology Versioning as an Element of an Ontology-Management Framework. Technical Report SMI-2003-0961, School of Medical Informatics, Stanford University, USA, 2003.
- [Noy et al. 2003] Noy, N. F., and Klein, M., Ontology Evolution: Not the Same as Schema Evolution. Knowledge and Information Systems, 5, 2003.
- [Noy et al. 2004] N. Noy and M. Klein. Ontology Evolution: Not the Same as Schema Evolution. Knowledge and Information Systems, 6(4):428-440, 2004.
- [Odberg, 1994] Odberg, E.: A Global Perspective of Schema Modification Management for Object- Oriented Databases. In : Proc. 6th Int'l Workshop on Persistent Object Systems (POS), Tarascon, Provence, France (1994) 479-502.

- [Oussalah et al. 1992] C. Oussalah, G. Talens and N. Giambiasi, "Version management for the modelling of complex systems", International Conference on Economics I Management and Information Technology 92, August 31-September 4, 1992 Tokyo.
- [Palisser, 1990] C. Palisser, "Le modele de versions du système Charly", 6emes journées Bases de Donnees Avancées, INRIA, Montpellier, Septembre 1990.
- [Roddick, 1995] Roddick, J. F., A Survey of Schema Versioning Issues for Database Systems, Information and Software Technology, 37 (7), 1995, pp383-393.
- [Skarra et al. 1986] A.H. Skarra, S.B. Zdonik. "The Management of Changing Types in object-oriented database 'OODB'". In Proc of the OOPSLA'86 Conference, Septembre 1986.
- [Skarra et al. 1987] A.H. Skarra, S.B. Zdonik. Type evolution in an OODB. Research Directions in Object Oriented Programming, Eds B. Shriver and P. Wegner, MIT Press, 1987
- [Stojanovic et al. 2002] Stojanovic, L. and Motik, B. (2002), Ontology Evolution within Ontology Editors, in 'Proc. of the OntoWeb-SIG3 W'shop at the 13th Int'l Conf. on Knowledge Engineering and Knowledge Management (EKAW 2002)', pp. 53-62.
- [Talens et al. 1993] G. Talens, C. Oussalah and M. F. Colinas. Versions of simple and composite objects. In Proceedings of the 19th conference on Very Large Data Bases, Dublin, Ireland, August 24-27, 1993.
- [Van Leeuwen et al. 2002] Van Leeuwen, J.P. and S. Fridqvist. 2002. Supporting Collaborative Design by Type Recognition and Knowledge Sharing. Electronic Journal of Information Technology in Construction (ItCon). vol 7 (2002). 167-181.
- [Van Leeuwen et al. 2003] Van Leeuwen, J.P. and S. Fridqvist (2003) "Object Version Control for Collaborative Design" In: Tunçer, Özsariyildiz, and Sariyildiz, E-Activities in Building Design and Construction, Proceedings of the 9th EuropIA International Conference, Istanbul, TR, October 8 – 10, 2003, EuropIA Productions, pp. 129-139.
- [Zdonik, 1986] S. B. Zdonik, "Version management in an objectoriented database", International Workshop, Trondheim, Ed Reidar Conradi et al., Lecture Notes in Computer Science, No244, June 1986.
- [URL 1] <http://wonderweb.semanticweb.org/>
- [URL 2] <http://kaon.semanticweb.org/>
- [URL 3] <http://protege.stanford.edu/>

Sommaire chapitre 6

MECANISME DE VERSIONNEMENT DE CONNAISSANCES -----	125
I- IMPLEMENTATION DES OPERATEURS DE C-K SUR LES MODELES DE MULTI-	126
1. DISJONCTION -----	127
2. CONJONCTION -----	128
3. EXPANSION PAR PARTITION OU INCLUSION -----	129
4. EXPANSION PAR DEDUCTION OU EXPERIMENTATION -----	129
II- VERSIONNEMENT DES CONNAISSANCES -----	130
1. LES VERSIONS D'INSTANCES DE CLASSES-----	130
2. MODELE DE PRESENTATION DES VERSIONS D'INSTANCE-----	131
3. TAXONOMIE DES OPERATIONS D'EVOLUTION-----	132
III- AGREGATION DES CONNAISSANCES -----	133
1. PRINCIPE DE L'AGREGATION DES CONNAISSANCES -----	133
2. EVOLUTION DU MECANISME D'AGREGATION DES CONNAISSANCES -----	134
IV- GESTION DES VERSIONS DE CONNAISSANCES -----	134
V- PROPOSITION D'UN SCENARIO D'EVOLUTION DU MECANISME DE VERSIONNEMENT DE CONNAISSANCE -----	136
1. ORDONNANCEMENT DU PROCESSUS DE CONCEPTION -----	136
2. DESCRIPTION MACROSCOPIQUE D'UNE TACHE -----	136
3. FICHES MODELE D'EXECUTION DE TACHE -----	138
3.1. PREPARATION DES FICHES D'EXECUTION DES TACHES-----	138
3.2. IDENTIFICATION DE L'ORDRE D'ENCHAINEMENT DES TACHES-----	139
4. DEROULEMENT D'UN PROCESSUS DE CONCEPTION MULTI ACTEURS -----	140
5. ETUDE DES MECANISMES DE VERSIONNEMENT-----	144
5.1. NAISSANCES DES VERSIONS -----	144
5.2. VERSIONS D'OBJETS-----	144
5.3. VERSIONS DE CONNAISSANCES-----	145
VI- BILAN DU CHAPITRE 6 -----	146
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES -----	148

Chapitre 6 :

MECANISME DE VERSIONNEMENT DE CONNAISSANCES

Il est habituellement courant d'adapter les conceptions précédentes pour répondre à une certaine nouvelle exigence par l'évolution des conceptions. Actuellement, beaucoup de ces processus sont manuels bien que les dessins puissent être stockés sur un système de DAO. En outre il est habituel qu'une équipe de personnes soit impliquée dans un même processus de conception. Si le travail de ces personnes sur différents composants se fait concurremment, il y a alors toujours un problème d'assurer l'uniformité de compatibilité et de simultanéité entre les versions des composants. En plus, toute l'équipe de conception doit se rendre compte des effets du changement d'un composant donné sur la conception globale. En conséquence, pendant le développement d'une conception, les différentes versions de conception surgiront et leurs compatibilités doivent être contrôlées. Un système de gestion doit contrôler le versionnement de la conception complète et le versionnement de ses composants pour assurer l'uniformité de simultanéité. D'après Carnduff et Gray [Carnduff et al. 1993], la gestion et le contrôle des connaissances dans un environnement de conception, avec la possibilité que les concepteurs soient géographiquement distants, fournit une structure formelle qui améliore la gestion du processus de conception, aide la réutilisation dans la conception, et soutient le versionnement de la conception.

Dans ce cadre nous proposons une étude sur les mécanismes nécessaires pour la réutilisation de conception dans une configuration matérielle supportant le versionnement des connaissances en conception. Les objectifs principaux sont d'établir un système qui supporte le versionnement des connaissances de l'ingénierie de conception et d'identifier et mettre en application les mécanismes requis pour commander des communications entre concepteurs dans cette conception.

Traditionnellement dans un bureau d'études, des informations sur un composant donné de conception sont stockées dans une variété de formats (par exemple texte, schémas, modèles informatique) et souvent dans plusieurs endroits. La conception d'un modèle de données qui peut communiquer des données efficacement entre diverses étapes de conception est essentielle. Au moyen de ce modèle de données, un système de conception intégrée peut représenter les dispositifs physiques et les composants d'un artefact plutôt que les primitifs graphiques uniquement.

La figure 6-1, présente un exemple de système de représentation des informations de conception. Ce prototype est divisé en deux niveaux :

- Un niveau conceptuel : Ce modèle conceptuel de données est un cadre dans lequel des données physiques peuvent être adaptées le modèle de données est construit pour contenir les données de conception.
- Un niveau d'instanciation : Ce module aide à créer, éditer et regarder l'information qui se conforme au modèle de données. L'objectif principal de ce module d'instanciation est d'avoir un environnement de manipulation d'exemple pour les

entités sémantiquement structurées définies dans le modèle de données conceptuel proposé.

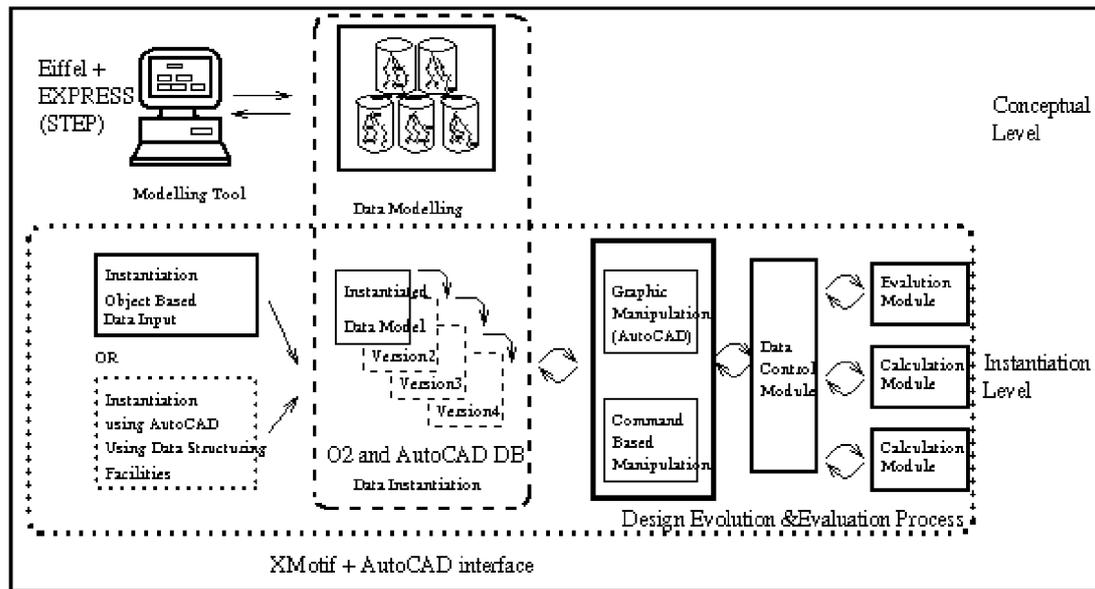


Figure 6-1. Architecture du système de représentation des informations de conception. [Kim, 1996]

De ce qui précède nous pouvons conclure que le versionnement peut se baser sur la théorie des concepts (classes) et des connaissances (instance de classe). Par conséquent il serait bénéfique d'utiliser la nouvelle théorie de conception dite théorie C-K (cf Ch 3-IV) et l'implémenter aux modèles de connaissance de MULTI.

I- **IMPLEMENTATION DES OPERATEURS DE LA THEORIE CK SUR LES MODELES DE MULTI**

Pour chaque niveau de connaissances de MULTI, nous pouvons décrire un concept et le processus qui le conçoit autrement dit les connaissances qui le décrivent. Ainsi nous pouvons simuler que les modèles produits se déclinent en concepts, voir en solution technologique, fonctions, contrainte CDV... (Espace qui décrit le produit) et les modèles processus de conception se déclinent en tâches, voir en paramètres, ressources... (Espace définissant les connaissances utiles pour l'exécution du processus de conception).

Un produit ou un objet représente un concept. On peut attribuer à ce concept un modèle générique portant son nom sans spécifier les connaissances qui peuvent le décrire (exemple : véhicule, climatiseur, actionneur...); D'autres connaissances peuvent figurer dans le processus de conception générique qui lui est associé (exemple pour les climatiseurs : établir le bilan thermique « $Q = Q_i + Q_e$; choisir les constituants ...)

Nous pouvons enrichir le modèle produit par des connaissances en l'instanciant à un domaine particulier. Cette instanciation permet d'affiner la description de ce concept, exemple si on s'intéresse au concept climatiseur on peut l'instancier sur plusieurs domaines (véhicule, habitation, industrie...). Nous obtenons ainsi un modèle de produit de domaine qui sera relié à un modèle processus de conception, relatif à ce domaine, permettant d'héberger certaines connaissances plus affinée (exemple climatiseur pour habitation : flux à travers les parois, surface des parois, orientation des parois, nombre de fenêtres, nombre de personnes...). Le processus doit décrire une méthodologie de conception de ce produit, les différents paramètres et ressources voir figure 6-2.

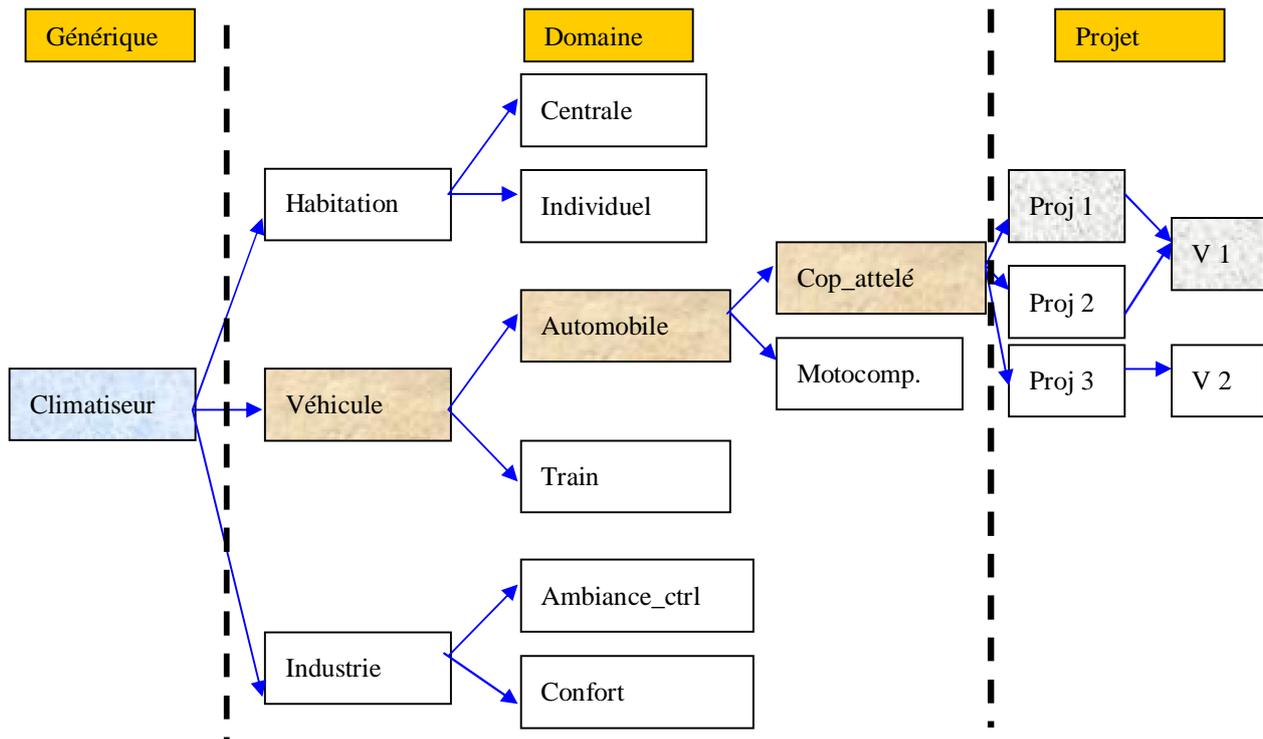


Figure 6-2. Présentation des trois niveaux de connaissance de MULTI

Ce concept à ce stade ne peut pas décrire en fait un seul objet car il manque de connaissances. En l'instanciant à un projet on peut enrichir sa description par d'autres connaissances tels que la technologie utilisée, les caractéristiques (fonctionnelles et dimensionnelles), les exigences ... Ces connaissances peuvent être supportées par le processus de conception projet où nous allons attribuer des valeurs, relatives au projet, pour chaque connaissance figurant sur le processus de conception domaine. Ces connaissances vont nous permettre de décrire un seul objet [Zouari et al. 2007].

1. Disjonction

Dans les modèles de MULTI ceci correspond aux liaisons entre les modèles de produit et ceux de processus de conception au niveau domaine. A ce stade le modèle produit décrit le système étudié d'une manière plus ou moins générique. Il a besoin d'être enrichi par des éléments de connaissances pour qu'il puisse décrire les fonctions qu'il doit accomplir tout au long des différentes phases de son cycle de vie. Ce modèle montrera, par exemple, qu'un article appartenant au système étudié peut se composer sur d'autres articles élémentaires. Ces composants caractérisent une solution technologique et doivent fournir des fonctions particulières (estima, contrainte...). Chaque article est caractérisé par un ou plusieurs paramètres qui concernent la fonction que réalise la solution technologique. Cette dernière est employée pour une situation de la vie qui décline d'une phase de cycle de vie du produit, voit la figure 6-3.

Le modèle produit de domaine permet de décrire l'arborescence structurelle et fonctionnelle du système. D'autres connaissances utiles à la conception seront ajoutées (greffées) pendant les phases amont à la CAO. Ces connaissances peuvent être stockées dans la base de données et faire partie de la structuration de celles-ci. Ces connaissances permettent de rajouter de l'information sur les classes « éléments de la conception » afin de permettre une meilleure compréhension de celles-ci. En effet, les informations intrinsèques à la structuration de la base de données ne permettent pas de définir complètement le produit et le

processus de conception. Ces connaissances sont transversales à tous projets de conception de produit.

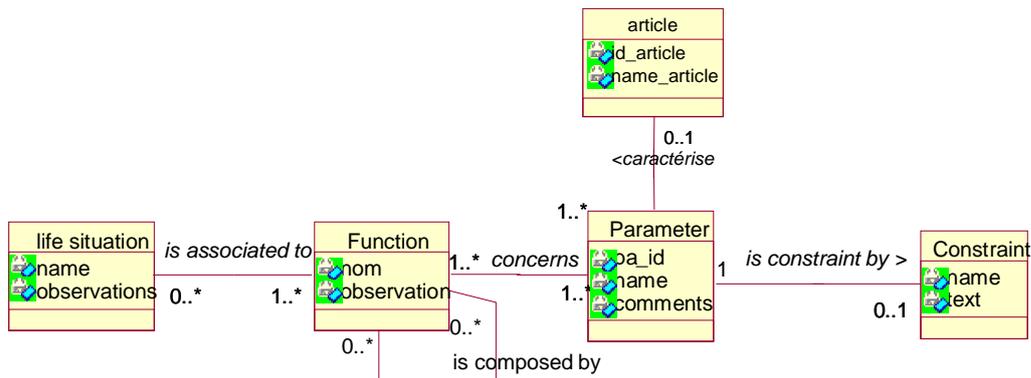


Figure 6-3. Relation entre article et connaissance

Le concepteur doit prendre en compte les paramètres externes, agissant comme contraintes ou exigence au produit considéré, pour dimensionner les paramètres afin de réaliser la performance requise aux fonctions. Les exigences et les contraintes sont issues de l'étude approfondie des phases et des situations du cycle de vie du produit. Les connaissances sur les paramètres, les solutions techniques et les articles permettent également de décrire les éléments contextuels à prendre en compte lors de leur instanciation.

2. Conjonction

Dans les modèles de MULTI, ceci correspond à l'agrégation des connaissances à partir d'anciens produits pour décrire celui en cours d'étude. Ces connaissances peuvent être hébergé sur les modèles processus de conception où les tâches nécessitent des ressources. Les ressources sont généralement des éléments de connaissances utiles pour accomplir la tâche, certains peuvent être importés à partir d'autres projets déjà réalisés ce sont les retours d'expérience, voir figure 6-4. Les retours d'expériences, connaissances ainsi capturés, pourront faire l'objet d'analyses. Nous pouvons importer des ressources à partir de la consultation d'expert, d'essais, de plans d'expérimentation, d'un prototype ou d'une maquette.

En effet, il est possible de prévoir une réunion des différents experts du domaine pour analyser ces retours d'expériences puis mettre à jour, en fonction de ceux-ci, le référentiel de connaissance. En les capitalisant, les retours d'expériences seront consultables et reportés dans les connaissances des tâches pour n'importe quel projet. Ces retours d'expériences doivent être décrits en précisant bien le projet auxquels ils se rattachent ainsi que le contexte associé du projet [Faure et al. 1999]. Ainsi nous augmentons la connaissance disponible dans le référentiel de connaissance processus de conception (espace connaissance) par d'autres déclenché par l'expansion du produit (espace concept).

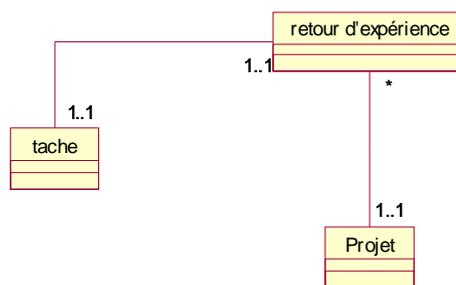


Figure 6-4. Les retours d'expériences

3. Expansion par partition ou inclusion

Le modèle de connaissances produit de MULTI se base sur une approche systémique, issu du cycle en V de l'ingénierie système qui définit la partition d'un système en sous systèmes jusqu'aux composants. Ce modèle montre, à titre d'exemple, qu'un article appartenant au système étudié peut être composé d'autres articles élémentaires, caractérisant une solution technologique et devant assurer une fonction particulière (estime, contrainte...). Chaque article est caractérisé par un ou plusieurs paramètres définis par la fonction qui réalise la solution technologique. Cette dernière est utilisée pour une situation de vie qui décline d'une phase du cycle de vie du produit.

Pour nous un système est un article dont la granularité est définie par les concepteurs en instanciant le modèle produit de domaine sur un projet donnée. Cette instanciation permet d'enrichir le concept (produit) par des éléments de connaissances relatives au projet qu'on conçoit. Les instances d'article permettent à tout moment, pour un projet donné, de reconstituer la composition de l'article (du système étudié). La figure 6-5 représente les concepts précédents :



Figure 6-5. Les instances d'article

Nous pouvons aussi considérer que Versionnement d'objet (article) permet aussi de montrer cette partition ou encore inclusion sur le référentiel de connaissance produit (RCP) qui peut être enrichi au besoin par des règles d'uniformité. L'administration des versions des objets fournit des moyens d'archiver les changements aux objets. En combinaison avec l'accès authentifié, il est possible de tracer les changements des objets aux utilisateurs qui ont fait ces changements [Van Leeuwen et al. 2003]. Avoir un disque de l'histoire de chaque objet facilite également la lecture rapide et la reconstitution des états précédents d'un modèle de conception.

Le maintien des versions d'objets représentant une conception est intéressant afin de documenter des solutions de rechange de cette conception. En plus, dans le contexte de la conception collaborative, la gestion de version des objets est importante pour maintenir l'uniformité d'un modèle d'objet qui est consulté par multiples utilisateurs. Des changements aux objets seront administrés par la création des versions qui assurent que l'état d'objets enregistrés dans des versions précédentes demeurera disponible. Les références entre les objets peuvent se servir de l'information de version des objets, de sorte que l'uniformité de données ne soit pas compromise quand de nouvelles versions sont créées.

4. Expansion par déduction ou expérimentation

Nous pouvons aussi considérer que les traces des opérations de versionnement des connaissances au cours du processus de conception permettent aussi d'avoir une auto expansion de l'espace de connaissance autrement dit du référentiel de connaissance processus de conception (RCP).

Dans les modèles de MULTI, l'expansion des connaissances par déduction ou par expérimentation se traduit par l'instanciation des paramètres, par exemple, sur un projet donné. Cette instanciation permet à l'espace de connaissance d'avoir une auto expansion. Les

instances de paramètres (voir figure 6-6) sont toutes les valeurs qu'un paramètre peut avoir dans un projet donné. Les instances de paramètres sont caractérisées par :

- Une version : sur un projet donné, un même paramètre pourra avoir plusieurs valeurs, les versions aident donc à capturer l'historique de ces valeurs.
- Date_modif : cet attribut permet de capturer la date de la modification d'une valeur de paramètre
- Valeur : il s'agit de la valeur numérique du paramètre
- Raison de la modification
- Intervalle de tolérance : il s'agit de l'intervalle de tolérance que le paramètre peut avoir sur un projet, donné.
- Indice de fiabilité : une valeur de 1 à 5 qui permet de renseigner l'acteur sur la fiabilité de la valeur lors de sa prise en compte.
- L'état du paramètre : renseigner les acteurs sur le fait que la valeur d'un paramètre est définie, définie mais non validée, non définie, non définissable ou en cours de définition.

Une question importante dans des activités de collaboration est comment contrôler des versions d'information. Maintenir des versions d'information sert trois objectifs : pour enregistrer l'histoire d'information afin de permettre d'éviter les redondances des opérations ; pour permettre un changement aux données sans références compromettantes aux versions précédentes de cela des données ; et pour permettre d'inspecter et de comparer les versions [Zouari et al. 2007]. Nous pouvons considérer les traces des opérations de versionnement de connaissance pendant le processus de conception nous permettent d'avoir une auto expansion de l'espace des connaissances, en d'autres termes référentiel de connaissance du processus de conception.

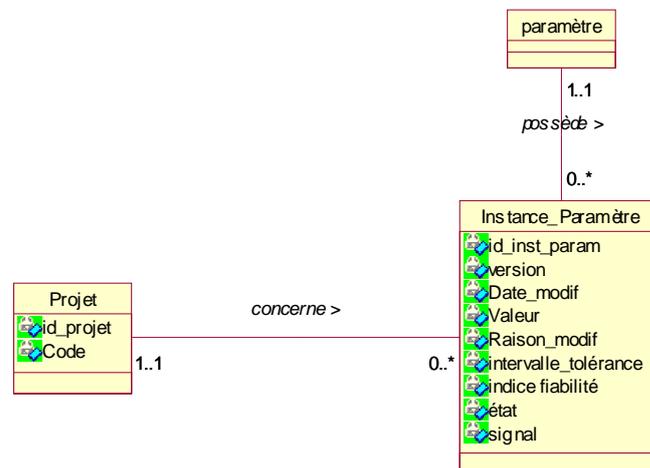


Figure 6-6. Les instances de paramètre sur chaque projet

II- VERSIONNEMENT DES CONNAISSANCES

1. Les versions d'instances de classes

En conception collaborative, le domaine des connaissances est continuellement modifié par des acteurs différents. Ce qui implique que sur le référentiel de connaissances nous allons voir apparaître de nouvelles connaissances (actualisation, enrichissement...) et des

modifications sur les anciennes (expansion, restriction, changement...). Ceci va engendrer une grande diversité de connaissances, difficile à gérer. Pour résoudre ce problème, tout en gardant les traces des anciens modèles de connaissances nous proposons gérer des versions de connaissances [Zouari et al. 2005]. Dans notre modèle les connaissances versionnables sont généralement au niveau du projet, de ce fait le versionnement va apparaître au niveau des instances de classes.

Une version d'instance est un état de la classe que l'utilisateur veut conserver. L'objectif des versions est de garder une trace dans le temps de l'évolution d'une instance. Le fait de créer une version d'une instance, lorsque celle-ci est modifiée, permet de garder les anciennes versions qui sont cohérentes par rapport aux autres instances. Les versions représentent un thème qui concerne plusieurs domaines tels que la CAO, les bases de données, les bases documentaires, etc. Les domaines techniques sont appropriés pour la gestion des versions tels que le domaine de la CAO. Cette approche engendre un nombre important de versions (versions d'instances) ce qui complexifie la navigation dans la bibliothèque des projet. Par conséquent il faut penser à un système de gestion des versions (création des versions) et de leur évolution (propagation des versions) pour remédier à ce problème tout en préservant la cohérence des instances et la compatibilité des connaissances.

2. *Modèle de présentation des versions d'instance*

Versionner les modèles de connaissances, c'est la capacité de contrôler les modifications au niveau de ces modèles et les conséquences requises, c'est une fonctionnalité critique dans ce cadre qui traite la gestion des connaissances multiples. Le versionnement permet la description de l'évolution des connaissances par un ensemble de versions. Chaque version correspond à un état significatif de la connaissance. En fait, le versionnement nécessite une analyse complète des connaissances disponibles, qui est basée sur les changements présentés par la transformation d'une version de connaissance en une autre différente. Une telle analyse mène à la spécification de la traçabilité de l'évolution des connaissances qui permet de les capitaliser, en évitant d'éventuelles redondances, dans le but de les réutiliser sur d'autres projets. L'historique de la conception d'un produit, se traduit par un arbre de versions qui évolue dans le temps.

Au cours du processus de conception, des contraintes et des dépendances de partage [Djeraba, 1993] sont spécifiées entre les versions d'instances d'une même classe. Elles décrivent les attributs partagés, les relations de dérivation des valeurs d'attributs et les dépendances générales entre les attributs des versions. La modification d'un attribut d'une version peut provoquer la mise à jour des autres versions (par exemple, copie de valeurs) pour maintenir les contraintes et les dépendances. Les versions sont liées par des liens de dérivation et forment un arbre de versions. Une dérivée représente une succession de changement d'état d'une version. Par contre, une alternative représente une évolution différente d'une même entité qui traduit le choix d'une nouvelle solution.

Les liens de dérivation entre les versions indiquent qu'une version est dérivée d'une autre existante : un nouvel état de connaissance est créé d'un autre état de la même entité de connaissance (Cv1 est dérivé de C). Les versions dérivées de la même version s'appellent les alternatives (versions d'une version) (Cv2.1 et Cv2.2 sont des alternatives dérivées de Cv2) (figure 6-7).

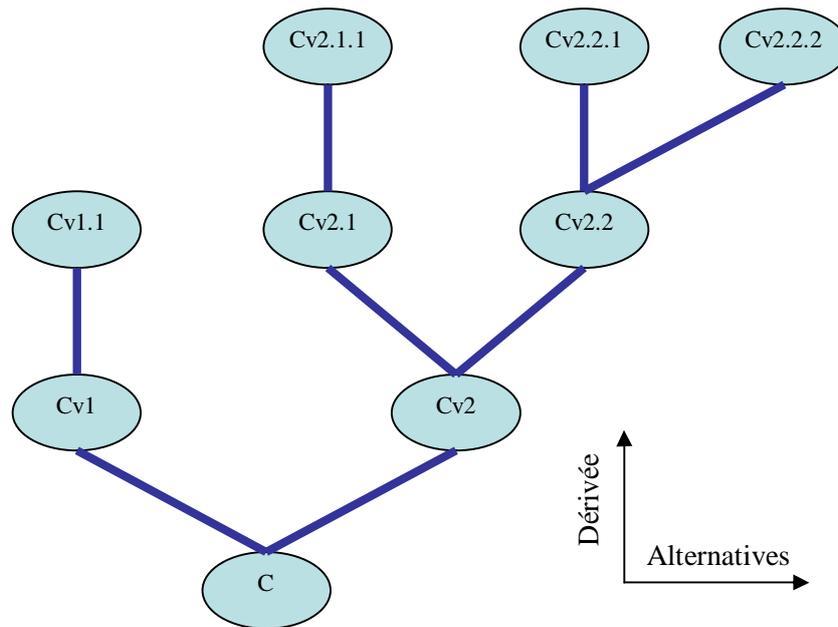


Figure 6-7. Arbre de versions

3. Taxonomie des opérations d'évolution

Dans ce paragraphe, nous présentons l'ensemble des opérations possibles au niveau du support d'évolution. Cet ensemble d'opérations est composé des opérations manipulant les classes et celles manipulant les instances. Il existe des opérations supplémentaires sur les méthodes, telles que les opérations concernant les traitements [Bounaas, 1995]

(1) Opérations sur la définition d'une classe

- (1.1) Ajout d'un attribut
- (1.2) Retrait d'un attribut
- (1.3) Modification de la définition d'un attribut
 - (1.3.1) Modification du type
 - (1.3.2) Ajout et suppression d'une inférence
 - (1.3.3) Ajout et suppression d'une contrainte
 - (1.3.4) Modification du nom de l'attribut
 - (1.3.5) Modification de la classe d'origine
 - (1.3.6) Modification de la sémantique de l'attribut
- (1.4) Ajout et suppression d'un attribut pré-déclaré
- (1.5) Ajout et suppression d'une clef

(2) Opérations sur les classes

- (2.1) Création d'une classe
- (2.2) Suppression d'une classe
- (2.3) Modification du nom d'une classe

(3) Opérations sur les liens inter-classes

- (3.1) Ajout d'un lien de spécialisation

(3.2) Suppression d'un lien de spécialisation

(3.3) Ajout et suppression d'un lien de disjonction

(4) Opérations sur les méthodes

mêmes opérations que (1), (2) et (3)

(4.1) Ajout, modification, suppression des traitements

(5) Opérations sur les instances

(5.1) *Création d'une instance*

(5.2) *Modification d'une instance*

(5.3) *Suppression d'une valeur d'attribut*

(5.4) *Suppression d'une instance*

(6) Opérations sur les liens d'instanciation

(6.1) *Ajout d'un lien d'instanciation*

(6.2) *Suppression d'un lien d'instanciation*

(6.3) *Retrait d'un lien d'instanciation*

III- AGREGATION DES CONNAISSANCES

Notre démarche consiste à créer des versions de connaissances pour faciliter leur réutilisation. Les versions peuvent être créées soit en faisant des modifications sur les connaissances relatives au processus de conception (nouvelle méthode de traitement) ou sur les connaissances du produit (nouvelle technologie). Les révisions peuvent être créées au cours de l'exécution du processus de conception à travers les annotations et les vérifications entre acteurs. Un troisième mode de création de version sera en agrégeant des connaissances au près d'autres processus de conception ressemblant à celui en cours d'étude.

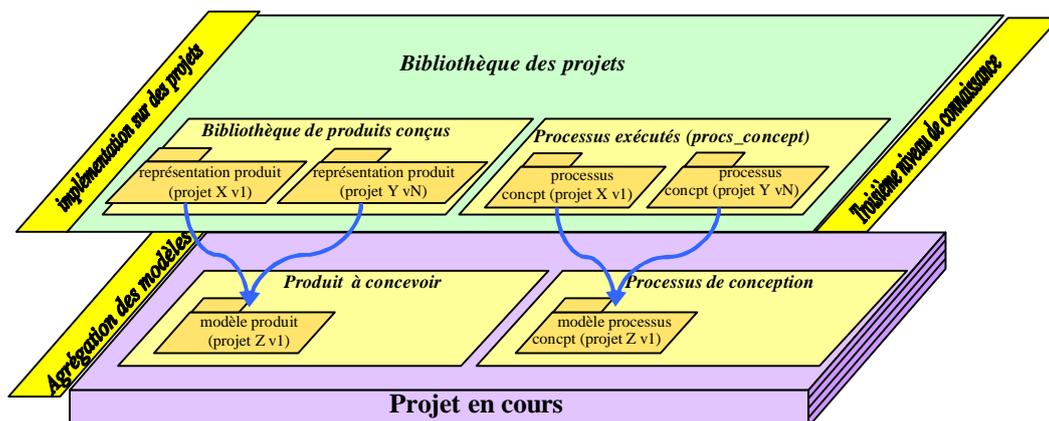


Figure 6-8. Agrégation d'anciens éléments de connaissances à nouveau projet

1. Principe de l'agrégation des connaissances

La figure 6-8 montre la possibilité d'agréger des connaissances à partir d'anciens projets dont les représentations de produit et les processus de conception sont stockés sous forme de versions de connaissances dans la bibliothèque des projets (ils portent le label du projet et un numéro de version). L'agrégation des connaissances consiste d'une part à emprunter certains éléments de connaissances relatives aux produits déjà conçus et les intégrer dans les connaissances du produit en cours de conception. D'autre part il serait bénéfique, en terme de

temps et de coût de la conception, d'agréger des parties des processus de conception déjà exécutés (tâches élémentaires de calcul sous forme de légende .xls 'MS', des ressources, etc.) et les intégrer entre les tâches d'exécution d'un nouveau processus de conception.

2. Evolution du mécanisme d'agrégation des connaissances

La version issue d'une agrégation d'éléments de connaissances sera classifiée comme étant une version majeure, qui à son tour peut être versionnée en cas de nécessité et ils seront enregistrés comme étant des versions mineures. La figure 6-9 illustre un exemple d'évolution d'un mécanisme de versionnement et d'agrégation de connaissances. La version majeure C1 a évolué par l'apparition des versions mineures C1.1 et C1.2 qui à leurs tours ont évolué par la naissance d'autres versions mineures respectivement C1.1.1 et C1.2.1 et C1.2.2 etc. l'agrégation de certains éléments de connaissances des versions mineures C1.1.1 et C1.2.1 à un nouveau concept engendre l'apparition d'une nouvelle version majeure C2. Cette dernière peut évoluer normalement comme tout autre version majeure à travers l'apparition de versions mineures portant son label tel que C2.1.

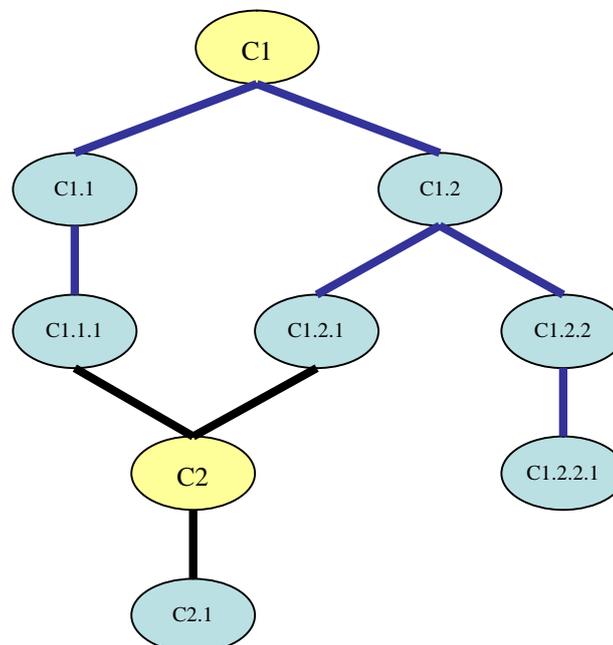


Figure 6-9 : Evolution des versions issues d'une agrégation de connaissances

IV- GESTION DES VERSIONS DE CONNAISSANCES

Une question importante dans des activités de collaboration est comment contrôler des versions d'information. Maintenir des versions d'information sert trois objectifs : pour enregistrer l'historique de l'information afin d'éviter la répétition des opérations ; pour permettre des changements aux données sans références compromettantes aux versions précédentes de ces données et pour permettre l'inspection et la comparaison des versions.

La pratique actuelle des systèmes de gestion de document fournit le contrôle de version, mais seulement au niveau de document. Pour la conception collaborative, le contrôle des versions est exigé à un niveau de détail plus fin pour une combinaison des raisons. Le nombre de personnes travaillant avec des données de conception est grand, l'ensemble des données de conception est important, les documents ne servent pas toujours de base au stockage, il y a un fort rapport entre certaines données avec des documents [McGuinness et al. 2000].

Le cadre de FBM (Feature Based Modelling) a un fort soutien pour le contrôle des versions à la fois pour le type de caractéristiques et leur instance. L'édition des caractéristiques de données (des types et des instances) aura lieu par l'intermédiaire d'un mécanisme de contrôle et d'exécution, à travers lequel les utilisateurs obtiennent le privilège d'édition provisoires. Quand les données sont vérifiées pour l'édition, les versions précédentes peuvent continuer à être employées. Après l'édition, les données peuvent être soumises comme nouvelle version, ou être employées comme révision (version temporaire). Les révisions des caractéristiques de données sont inférieures aux versions dans le sens qu'elles ne peuvent pas encore être activement employées dans une opération de modélisation, mais seulement pour une future édition (modification) de données. Ceci réduit le nombre de versions et permet la distinction entre ceux dont la soumission a un vrai intérêt et ceux ayant seulement un statut intermédiaire. Exemple, si un acteur crée une des connaissances en exécutant la tâche de conception qui lui est attribuée. Ces connaissances seront enregistrées temporairement tout au long du processus de conception comme étant une révision susceptible d'être modifiée dans le temps, de ce fait nous obtenons une nouvelle révision après chaque modification figure 6-10.

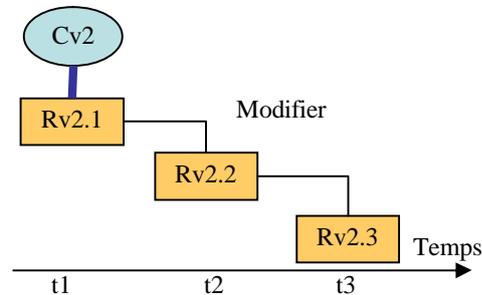


Figure 6-10. Création dynamique de révisions à partir d'une version de connaissances

Le domaine des connaissances est continuellement créé et toujours modifié par les acteurs. La gestion efficace de cette connaissance a besoin ainsi de sa vérification, annotation et validation continues (V&V). Dans ce cadre les révisions créées au cours de l'évolution dynamique du processus de conception à travers les modifications annotations seront validées à la fin du processus, à ce moment la révision sera définitive et elle se transforme en une version susceptible d'être enregistrée dans la bibliothèque de projet. Nous allons traiter la dynamique du processus de conception à travers le versionnement d'une manière plus approfondi dans le paragraphe suivant. La figure 6-11 donne une idée sur ce mécanisme.

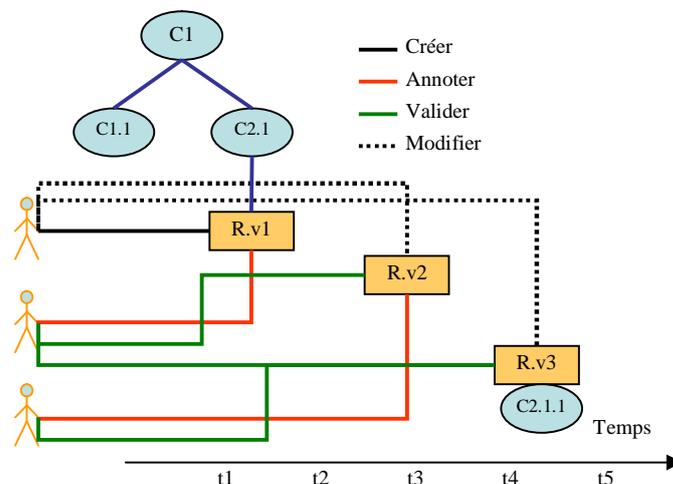


Figure 6-11. Exemple de mécanisme de transformation d'une révision en version de connaissance

Les versions de connaissances sont distinguées par la combinaison d'un nombre de versions majeures « M » et un nombre de versions mineures « m » sous la forme de « M.m ». La soumission d'une version au système peut mener à une nouvelle version majeure ou à une nouvelle version mineure :

- Versions majeures : il y eu une grande modifications au niveau des attributs de l'instance de la classe (versions originales ou mère). Elle est créée pour un nouveau type du concept ou à l'apparition d'une nouvelle technologie.
- Version mineures : créée à partir d'une version majeure, elle hérite les attributs de la version majeure mais avec des valeurs différentes.

Les versions mineures indiquent la dernière compatibilité, qui signifie que la version peut être employée au lieu des versions mineures précédentes de la même version majeure. Par exemple, ajouter une propriété mène à une nouvelle version mineure parce qu'elle ne transforme pas sa fonctionnalité dans les endroits où sans cette propriété il a été exécuté.

Les nouvelles versions majeures ne sont pas compatibles avec les derniers, ce qui signifie qu'elles ne peuvent pas être employées au lieu d'aucune version précédente. Les modifications telles que modifier des propriétés ou changer le type de propriétés mèneront généralement à de nouvelles versions majeures figure 6-12. Si une soumission de une nouvelle version majeure ou mineure, est déterminée en premier lieu par l'utilisateur, alors le système imposera des versions majeures quand il détecte l'incompatibilité avec l'antérieur. L'apparition d'une version mineure plus récente de son type est généralement possible et peut être faite probablement automatiquement. Un nombre incrémenté de révision est assigné chaque fois qu'une révision est commise ou une version est soumise.

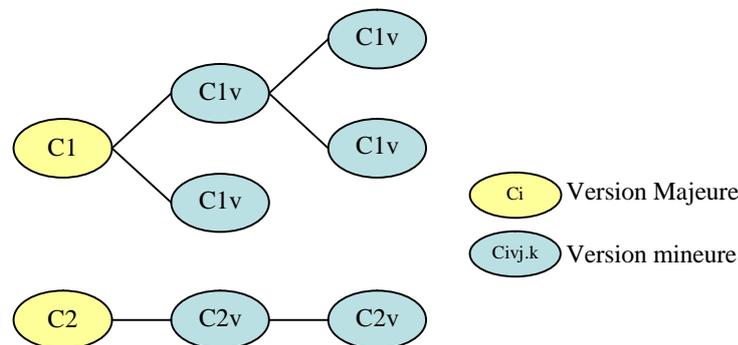


Figure 6-12. Exemple de propagation de versions majeures et de versions mineures

V- PROPOSITION D'UN SCENARIO D'EVOLUTION DU MECANISME DE VERSIONNEMENT DE CONNAISSANCE

1. Ordonnancement du processus de conception

Le modèle processus de conception décrit sous une forme hiérarchique, la décomposition de tâches en sous tâches et en tâches élémentaires plus spécifiques. Par ailleurs, des structures de contrôle permettent de définir l'ordonnancement des tâches qui peut être de type séquentiel, parallèle, conditionnel ou itératif. Ce travail sera fait par les experts de domaine sous la direction du responsable projet.

2. Description macroscopique d'une tâche

Une tâche est reliée à un processus d'exécution, au travers duquel elle sera opérationnelle (feuille de calcul par exemple). Comme données utiles on peut énumérer les données d'entrée

et leurs origines, les données de sortie et leurs destinations (tâche suivante), les contraintes issues du cycle de vie et les ressources qui facilitent sa réalisation, figure 6-13.

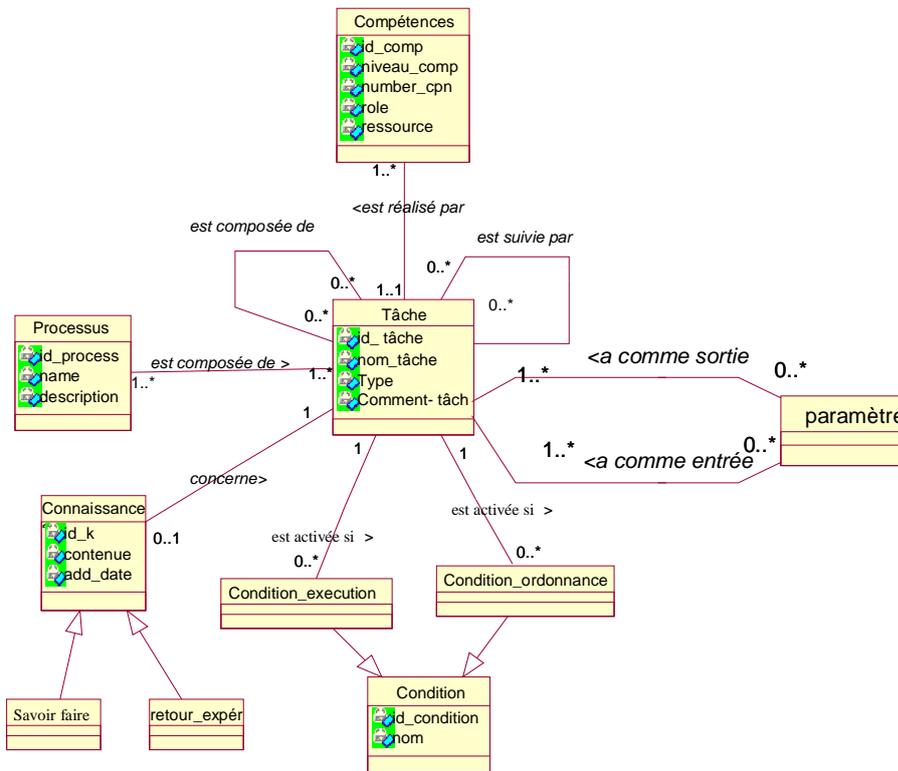


Figure 6-13. Relation entre une tâche et son environnement

Chaque tâche ne peut être activée que si les conditions d'exécution et d'ordonnement sont valides, de plus certaines connaissances propres doivent être à disposition (ressources utiles pour exécuter cette tâche particulière : formule, catalogue...). Autres conditions nécessaires pour la réalisation de cette tâche est de trouver les compétences (acteurs) qui peuvent l'assurer [Zouari et al. 2005].

Une tâche est modélisée par une boîte SADT niveau 0 (figure 6-14), qui décrit sa fonction principale, ses matières d'œuvre d'entrée, ses matières d'œuvre de sortie et les ressources nécessaires pour réaliser sa fonction principale.

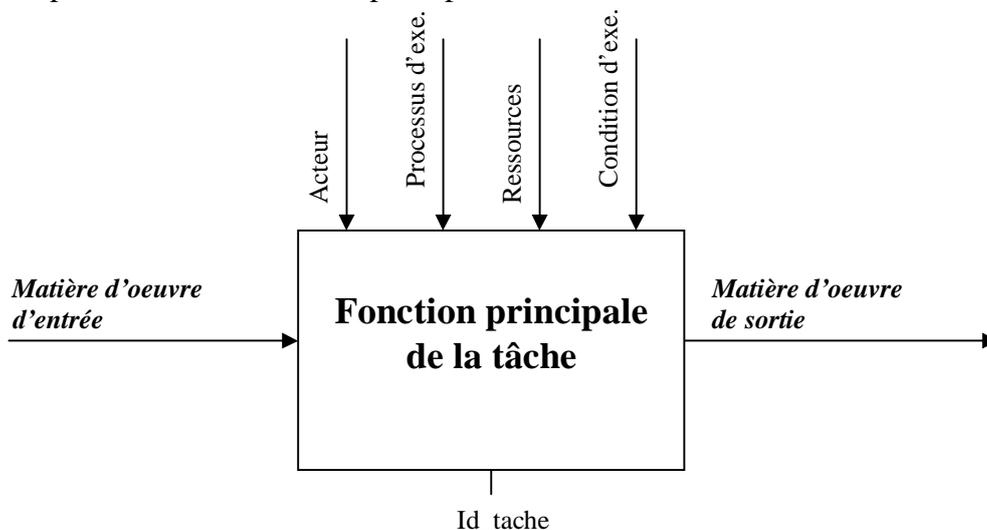


Figure 6-14. Modèle SADT d'une tâche

Cette modélisation nous permet d'identifier :

- Id_tache : représente l'identifiant de la tâche, un code par exemple.
- Fonction principale de la tâche : brève description de la tâche (dimensionner, choisir, calculer, établir...).
- Acteur : la compétence qui réalise la tâche. il doit avoir un identifiant (code), un login et un mot de passe reconnu par le système.
- Processus d'exécution : l'outil qui permet d'exécuter la tâche (feuille de calcul).
- Ressources : c'est l'ensemble des ressources utiles pour faciliter l'exécution du processus (exigences, tableaux de valeurs, courbes, abaques, logiciel...).
- Condition d'exécution et d'ordonnement : définition des conditions d'exécution et d'ordonnement.
- Matière d'œuvre d'entrée : liste les paramètres d'entrée qui peuvent être sous trois formes :
 - paramètre externe : paramètre qui ne sera utilisé que pour cette tâche.
 - paramètre partagé : paramètre d'entrée pouvant être utilisé par d'autres tâches.
 - paramètre interne (au processus de conception) : paramètre issue de la sortie d'une autre tâche.
- Matière d'œuvre de sortie : paramètres résultant de la tâche, ils peuvent avoir trois formes ;
 - paramètre résultat final de la tâche principale
 - paramètre résultat d'une tâche élémentaire faisant partie de la tâche principale (paramètre auxiliaire). Ce type de paramètre peut être réutilisé : soit comme entrée pour une autre tâche élémentaire du même processus d'exécution de la tâche principale, soit comme paramètre d'entrée pour une autre tâche principale. Il sera classifié soit comme paramètre externe pour le premier cas de figure ou paramètre partagé pour de second cas.

3. Fiches modèle d'exécution de tâche

Ces fiches représentent les modèles processus de conception domaine. Ils décrivent les différentes étapes pour exécuter une tâche. Chaque étape représente en fait une tâche élémentaire. Elle décrit les paramètres et les ressources pour qu'elle soit exécutable. A partir de là l'expert peut identifier les différents paramètres qui rentrent en jeu pour son projet et tracer une nomenclature des Id_param.

3.1. PREPARATION DES FICHES D'EXECUTION DES TACHES

Avant de traiter le processus d'exécution d'une tâche, l'expert domaine doit lister les différents paramètres utilisés dans chaque tâche et leurs attribuer un code. Ce code sera réutilisé si le même paramètre figurant sur un autre processus d'exécution de tâche et aura la même valeur numérique, autrement chaque paramètre doit avoir son propre code même si on parle de la même grandeur physique (fréquence de rotation du moteur en régime de ralentis, en régime nominal ou en régime maximal par exemple). Une fois listés pour tous ses processus d'exécution de tâches, chaque expert domaine doit enregistrer ses paramètres sur une base de données.

Les experts par la suite vérifient l'homogénéité des paramètres, résolvent les problèmes de redondance et s'assurent que chaque paramètre a un code différent. Le but est d'obtenir une seule base de donnée des paramètres.

3.2. IDENTIFICATION DE L'ORDRE D'ENCHAINEMENT DES TACHES

Pour chaque processus d'exécution de tâche, les paramètres doivent être classés selon leur type (entrée_ext, entrée_part, sorti ...). Pour faire ce classement on peut lister sur un tableau portant les différents paramètres sur les lignes et les différentes tâches sur les colonnes. Sur la case correspondante à un paramètre d'une tâche donnée, le chef de projet doit mentionner si ce paramètre est une entrée ou une sortie de la tâche en question.

Sur la dernière colonne à gauche il doit mentionner si les paramètres sont considérées comme :

- Entrée externe propre: si sur la ligne correspondante à ce paramètre on trouve qu'il sert d'entrée que pour une seule tâche.
- Entrée externe partagée : si sur la ligne correspondante à ce paramètre on trouve qu'il sert d'entrée externe pour plusieurs tâches.
- Entrée interne propre : si sur la ligne correspondante à ce paramètre on trouve qu'il est un paramètre de sortie d'une tâche et peut servir d'entrée pour une autre tâche.
- Entrée interne partagée : si sur la ligne correspondante à ce paramètre on trouve qu'il est un paramètre de sortie d'une tâche et peut servir d'entrée pour d'autres tâches.

En utilisant la matrice d'antériorité nous allons pouvoir classer toutes les tâches. Sur le tableau utilisé pour la classification des tâches, nous allons savoir à quelle tâche appartient chaque paramètre de sortie et quels sont les tâches qui l'utilisent comme paramètre d'entrée. Le responsable doit cocher sur la matrice d'antériorité les cases correspondantes aux tâches utilisant comme paramètre d'entrée la sortie de la tâche étudié.

Cette démarche nous permet de tracer le workflow du processus de conception et définir les conditions d'ordonnancement de chaque tâche.

Exemple :

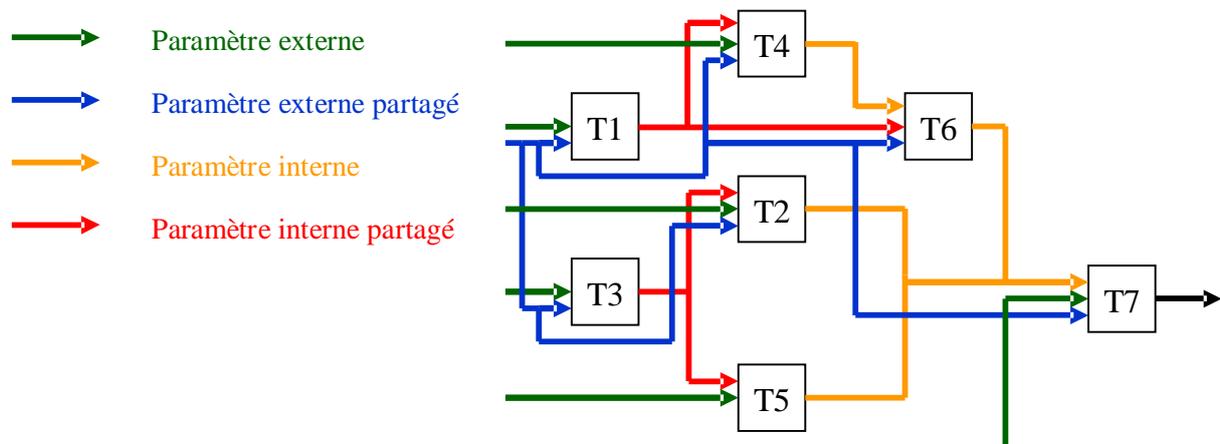


Figure 6-15. Exemple de succession de tâches définissant un processus de conception

Soit un processus de conception formé par sept tâches réalisées par différents acteurs travaillant en collaboration figure 6-15. Le graphe d'antériorité, tableau 6-1, nous permet de définir le workflow du processus en fonction des paramètres que partagent les concepteurs.

param	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7			➔	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
P1	E			E		E		EP		T1	1						
P2	E							EE		T2	1						
P3	E		E					EP		T3	1						
P4	S			E				EI	S	T4	1						
P5		E	S		E			EI	S	T5	1						
P6		E						EE		T6	1						
P7	S					E		EI	S	T7	1						
P8		E	E					EP		1,3	0	1	0	1	1	2	3
P9		S					E	EI	S	2,4,5	0	0	0	0	1	3	
P10			E					EE		6						0	1
P11				S		E		EI	S	7							0
P12				E				EE									
P13						S	E	EI	S								
P14					S		E	EI	S								
P15						E	E	EP									
P16							S		S								
P17					E			EE									
P18							E	EE									

Tableau 6-1. Graphe d'antériorité

4. Déroulement d'un processus de conception multi acteurs

Chaque tâche est reliée à un acteur, au début sur la page d'accueil l'acteur doit s'identifier par un login et un mot de passe. Une fois identifié une page contenant les rubrique suivants s'affiche (figure 6-16).

Sur la page les identifiants du processus de conception, de l'acteur et de la tâche sont des rubriques statiques. L'acteur peut choisir le projet sur lequel il va travailler, en cliquant sur la fenêtre déroulante code projet et choisir un code. A ce moment l'un des boutons (non exécutable, exécutable et en cours) sera activé.

The interface contains the following elements:

- Input fields: **Id _ processus de conception**, **Id _ acteur**, **Id _ tâche**.
- Project selection: **Choisir un projet** button and a dropdown menu labeled **Code projet**.
- Execution button: **A exécuter** button.
- Status buttons: **Non exécutable**, **Exécutable**, **En cours**, and **Terminé**.
- Notification: **Notification pour modification** button.

Figure 6-16. Interface d'identification

L'acteur peut en plus éditer le code s'il le connaît. Dans ce dernier cas si le code est bon, il sera accepté et si non il sera rejeté. Seul l'administrateur peut ajouter un nouveau code projet. L'acteur peut aussi chercher les tâches qu'il doit exécuter en urgence, en cliquant sur le bouton (à exécuter). Dans ce cas une liste de code projet s'affiche et il doit en choisir une. Si les conditions d'exécution de la tâche ne sont pas valides, le bouton (non exécutable) s'active. Autrement le bouton exécutable sera activé.

En choisissant un code projet quatre possibilités seront présent en compte :

- le bouton non exécutable est activé : en cliquant sur ce bouton le système liste les conditions d'exécution (l'ordonnancement, exigences, paramètres internes...) et leur état (prêt, en cours, en instance...). L'acteur aura la possibilité de demander l'exécution en urgence de la tâche donnante issue à un paramètre interne en instance.
- Le bouton en cours : la tâche reste en cours d'exécution tant qu'elle n'a pas été validé par tous les acteurs dont un des paramètres de cette tâche figure dans la feuille de calcul de leur tâche (ou inversement). En cliquant sur ce bouton l'acteur peut voir s'il y a eu des modifications au niveau des valeurs de paramètres ou des notifications (demande de changer la valeur du paramètre de sortie).
- Le bouton terminé : la tâche sera dite terminée si elle est validé par tous les acteurs et elle sera enregistré sur la base de donnée sous un code portant le code_domaine, le code_projet, le code_tâche et sa version. Si ce bouton est activé il faut chercher une autre tâche à exécuter.
- Le bouton exécutable : la tâche est mentionné exécutable si les conditions d'exécution sont tous validées. Si on clique sur ce bouton le système appelle automatiquement la feuille de calcul correspondante cette tâche. Cette feuille de calcul sera instanciée au projet choisis.

La feuille d'exécution de la tâche (fiche de tâche) doit porter comme entête le nom de la tâche, le code du projet et l'identifiant de l'acteur responsable figure 6-17. En outre elle doit permettre à l'acteur d'entrer les valeurs des paramètres externes (propres à la tâche : ne représente pas des paramètres de sortie d'autres tâches). Cette page permet aussi au concepteur de contacter les connaissances propres de la tâche, en autre terme les ressources de la tâche (tableaux, catalogues, courbes...).

Les paramètres internes (paramètres de sortie d'autres tâches) seront des valeurs statiques qui apparaissent sur la feuille accompagnées par l'identifiant de leur exécuter et de leur numéro de version. Le bouton note s'active si un paramètre interne a été modifié. En cliquant sur ce bouton un IHM apparaît pour montrer les raisons de modification de ce paramètre. Pour notifier un paramètre interne, si sa valeur engendre des dysfonctionnements du système, l'acteur clique sur le bouton notifier pour demander à l'acteur responsable de ce paramètre de le modifier en précisant les causes.

Les paramètres partagés sont des paramètres d'entrées, ils peuvent être utiles pour plusieurs tâches à la fois. Ces paramètres ne conditionnent pas l'exécution de la tâche, car chaque acteur aura la possibilité de l'éditer pour la première fois ou de le modifier si sa valeur engendre des problèmes. Une fois un paramètre partagé est choisis par un acteur il sera affiché sur tout les feuilles des autres acteurs qui l'utilisent. Les autres acteurs peuvent soit valider la valeur en cliquant sur valider ou modifier la valeur en cliquant sur modifier et ils mettent la nouvelle valeur de ce paramètre qui aura un ordre de version. Si la valeur d'un paramètre partagé est modifiée, elle doit figurer sur les autres feuilles comme nouvelle version. Les feuilles considérées reviennent aux encours pour être révisé et l'acteur peut soit valider la nouvelle valeur ou encore reboucler par une autre modification de valeur partagée.

Fiche de tâche						
Nom de la tâche	Nom et code projet		Identifiant du concepteur			
Paramètres externes						
Nom paramètres externes	Id_param	Val_param	Unité	▼		
Nom paramètres externes	Id_param	Val_param	Unité	▼		
Nom paramètres externes	Id_param	Val_param	Unité	▼		
Paramètres partagés						
Nom paramètres partagés	Id_param	Val_param	Unité	▼	Valid Modi	Notificat Id_acteur
Nom paramètres partagés	Id_param	Val_param	Unité	▼	Valid Modi	Notificat Id_acteur
Paramètres internes						
Nom paramètres internes	Id_param	Val_param	Unité	▼	Valid Modi	Notificat Id_acteur
Nom paramètres internes	Id_param	Val_param	Unité	▼	Valid Modi	Notificat Id_acteur
Nom paramètres internes	Id_param	Val_param	Unité	▼	Valid Modi	Notificat Id_acteur
Nom paramètres internes	Id_param	Val_param	Unité	▼	Valid Modi	Notificat Id_acteur
<input type="button" value="Exécuter"/>		<input type="button" value="Résultats"/>			<input type="button" value="Sortie"/>	

Figure 6-17. Interface de chargement des paramètres

En cliquant sur le bouton résultat, l'acteur donne l'ordre au système de visualiser la fiche des résultats correspondantes à l'instance de la tâche en cours figure 6-18. En cliquant sur enregistrer, le concepteur donne l'ordre au système d'enregistrer les résultats sous une version bien déterminée et d'envoyer les valeurs des paramètres de sortie à ceux dont ils ont besoin.

L'acteur peut aussi quitter la fiche de tâche en cliquant sur le bouton 'sortie'. Dans ce cas le système le renvoie automatiquement à sa page d'accueil.

A chaque fois que le concepteur remplis ou modifie sa fiche il doit cliquer sur le bouton exécuter. Le système appelle la feuille de calcule (modèle) correspondante à cette tâche, où les données seront transférés, le calcul est automatiquement lancé.

Fiche résultat de tâche				
Nom de la tâche	Version	Nom et code projet	Identifiant du concepteur	
Paramètres d'entrée				
Paramètres externes	Nom paramètres externes	Id_param	Val_param	Unité
	Nom paramètres externes	Id_param	Val_param	Unité
	Nom paramètres externes	Id_param	Val_param	Unité
Paramètres partagés	Nom paramètres partagés	Id_param	Val_param	Unité
	Nom paramètres partagés	Id_param	Val_param	Unité
Paramètres internes	Nom paramètres internes	Id_param	Val_param	Unité
	Nom paramètres internes	Id_param	Val_param	Unité
	Nom paramètres internes	Id_param	Val_param	Unité
	Nom paramètres internes	Id_param	Val_param	Unité
Paramètres de sortie				
	Nom paramètres internes	Id_param	Val_param	Unité
	Nom paramètres internes	Id_param	Val_param	Unité
	Nom paramètres internes	Id_param	Val_param	Unité
Exigences		Remarques		Enregistrer

Figure 6-18. Exemple d'interface fiche résultat d'une tâche

En résumé l'acteur projet aura la possibilité en manipulant sa fiche de tâche de :

- Saisir et modifier les paramètres d'entrée externes.
- Saisir, annoter et valider les paramètres d'entrée partagés
- Annoter et valider les paramètres d'entrée internes.

5. Etude des mécanismes de versionnement

5.1. NAISSANCES DES VERSIONS

Au fur et à mesure de l'avancement du projet la base de donnée des valeurs des paramètres commence à changer. Au cours du processus de conception les modifications de valeurs de paramètres pour une tâche donnée engendrent des modifications sur le résultat des tâches qui soit elles partagent avec elle ses valeurs ou utilisent les paramètres de sortie de la première comme paramètre d'entrée. D'où la nécessité de versionnement.

Les valeurs des paramètres seront enregistrées sur une base de donnée temporaire propre au projet. La valeur d'un paramètre sera mentionnée par révision R1 lors de sa première entrée dans la base de données. A chaque modification et après sa validation elle prendra le nombre de version suivant (2, 3...).

Une autre base de données permet d'enregistrer les fiches résultat de tâche après chaque modification et on leur attribut un numéro de version.

Au cours du processus de conception chaque modification de valeur de paramètre donne une version de paramètre si elle a été validée par tous les acteurs intéressés et donne une révision de paramètre si au moins un acteur ne l'a pas validé.

Toutes ces versions doivent avoir le label du projet lors de leur versionnement, car elles sont en réalité des versions d'instance de paramètre résultant d'une instance de tâche à ce projet.

5.2. VERSIONS D'OBJETS

En se référant aux principes de la théorie CK, nous pouvons dire qu'à chaque version d'objet correspond une version de connaissances (ajout, restriction, remplacement de connaissances) figure 6-19.

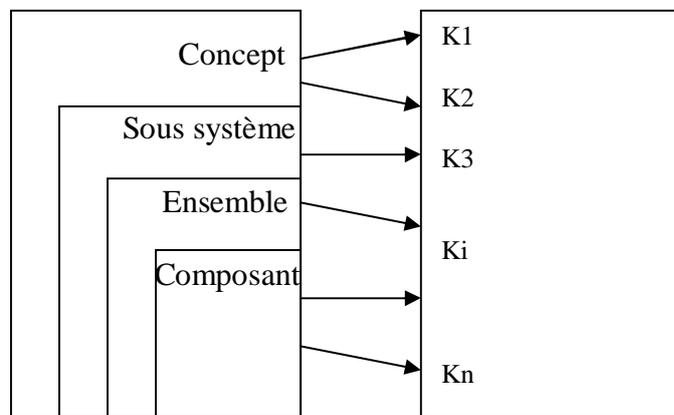


Figure 6-19. Relation entre un concept et les connaissances qui le définis

Si un acteur projet modifie une connaissance, ceci engendre une modification automatique sur le concept « version d'objet ». Cette modification peut avoir la forme de :

- Modification mineure : si elle ne touche pas à la structure aux fonctions du concept (exemple : couleur, matériaux, organes de liaison « visserie, roulements.. »...).
- Modification moyenne : si elle touche en partie le coté fonctionnel du concept (exemple : énergie, transmission, insertion de nouvelle technologie...).
- Modification forte : si elle touche partiellement à la structure du concept (exemple : modification partielle de la géométrie...).

- Modification majeure : si elle touche à la structure et aux fonctions concept (exemple : géométrie, technologie, ...)

Ces modifications donnent naissance à des versions d'objet portant les même indices que les modifications qui l'ont causé.

5.3. VERSIONS DE CONNAISSANCES

Au cours du processus de conception les connaissances sont instamment modifiées par les acteurs qui les manipulent, particulièrement les paramètres. Nous avons déjà classé les paramètres d'entrée en fonction de leur apparence sur les feuilles d'exécution de tâches (internes, externes et partagés).

Si au cours du processus de conception le résultat d'une tâche a été annoté pour modification, l'acteur responsable de cette valeur de paramètre reçoit une note de modification de son paramètre de sortie.

Pour modifier son paramètre de sortie (sur l'écart demandé), l'acteur doit commencer tout d'abord par modifier un de ces paramètres externes. Cette modification ne peut engendrer des modifications que sur le résultat de sa tâche. Les autres acteurs concernés par cette modification seront ceux qui utilisent la valeur de paramètre de sortie de cette tâche comme valeur de paramètre d'entrée interne de leurs tâches.

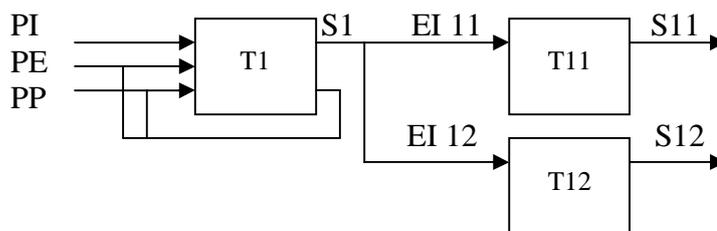


Figure 6-20. Les types de paramètres

La modification engendre une nouvelle valeur de paramètre de sortie et l'envoi d'une note de modification aux acteurs concernés (T11 et T12 figure 6-20). La nouvelle valeur du paramètre externe, le paramètre de sortie et la fiche résultat de tâche seront enregistrés comme révision dans les bases de données correspondantes. Les sorties des tâches T11 et T12 reste inchangé tant que les acteurs n'ont pas ré exécuter leurs tâches avec la nouvelle révision de la valeur du paramètre d'entrée interne.

Si les acteurs des tâches T11 et T12 ont validé la nouvelle révision de leur paramètre d'entrée interne les résultats de chaque tâche ainsi que les révisions seront enregistré comme versions et le cycle continue.

Si un des acteurs annote la nouvelle révision de paramètre d'entrée interne, son nouveau résultat ne sera pas enregistré et un avis de modification de paramètre sera envoyé au premier acteur (acteur de T1) pour créer une nouvelle révision.

Si l'acteur de T1 réintroduit une même révision elle ne sera pas accepté sauf si un autre paramètre a été modifié. Le système doit pouvoir comparer les fiches résultat d'une même tâche (en version ou en révision).

Si les modifications des paramètres externes n'ont pas abouties à un résultat, l'acteur peut essayer sur les paramètres internes. Il envoie un avis de modification à l'acteur responsable de l'un de ses paramètres internes et à ce dernier de trouver la solution en modifiant ses paramètres d'entrée.

Si encore il y a eu blocage, l'acteur responsable de la tâche doit modifier un de ses paramètres d'entrée partagés. Ces paramètres doivent porter à côté de leurs valeurs le nombre d'acteurs qui les partagent, et pour minimiser le nombre de tâches influencées par la modification il faut choisir le paramètre partagé avec le minimum d'acteurs tout d'abord.

Un paramètre partagé est un paramètre d'entrée pouvant figurer sur plusieurs processus d'exécution de tâche. L'acteur qui saisit le premier la valeur de ce paramètre sera le responsable des modifications de celle-ci. Cette valeur peut être annoté par d'autres acteurs et elle sera versionnée. La valeur d'un paramètre partagé peut modifier à la fois le résultat de toutes les tâches qui la partagent en entrée ainsi que les tâches qui utilisent le résultat des dernières comme paramètre interne.

Supposons, par exemple, que l'acteur de T13 a demandé à l'acteur de T2 de modifier la valeur de son paramètre de sortie et que ce dernier est au stade de devoir modifier un de ces paramètres partagés figure 6-21. Si l'acteur de T2 n'est pas le responsable de la valeur du paramètre partagé, il doit demander un avis de modification au créateur de cette valeur (acteur de T1 par exemple). L'acteur de T1, en recevant l'avis de modification, modifie la valeur du paramètre partagé et en exécutant sa tâche la nouvelle valeur partagée et le nouveau résultat seront classés comme nouvelles versions. Cette action engendre en plus l'envoi d'une note de modification aux acteurs qui partagent la valeur du paramètre partagé et ceux qui utilise la sortie de la tâche T1 comme paramètre interne. Si tous les acteurs valident les nouvelles valeurs alors ces derniers seront enregistrés comme versions.

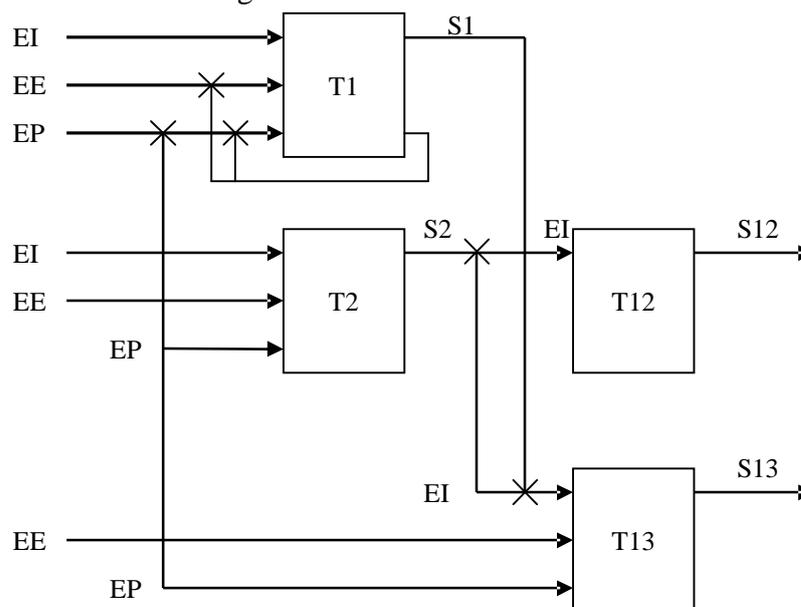


Figure 6-21. Exemple d'évolution d'un processus de conception

VI- BILAN DU CHAPITRE 6

L'implémentation des opérateurs de la théorie C-K sur les modèles de connaissance émerge la nécessité du versionnement, particulièrement le versionnement des connaissances à travers l'opérateur « Expansion par déduction ou expérimentation ». Le versionnement de connaissance pendant le processus de conception nous permettent d'avoir une auto expansion de l'espace des connaissances, en d'autres termes référentiel de connaissance du processus de conception.

Nous proposons dans ce cadre un mécanisme de versionnement de connaissances basé sur les instance de classe (objet ou processus de conception). Ce mécanisme engendre un système

de gestion des versions (création des versions) et de leur évolution (propagation des versions) tout en préservant la cohérence des instances et la compatibilité des connaissances. Les versions sont liées par des liens de dérivation et forment un arbre de versions. Les versions peuvent être créées soit à travers des modifications sur les connaissances relatives au processus de conception ou sur les connaissances du produit. Un troisième mode de création de version sera en agrégeant des connaissances au près d'autres processus de conception (réutilisation des connaissances).

Nous distinguons deux formes de versions, majeure et mineure. Les versions majeures ne sont pas compatibles avec les versions précédentes (pas d'héritage d'attributs), elle représente en fait une version mère. Les modifications des propriétés mèneront à de nouvelles versions majeures. Les versions mineures sont compatibles avec les versions précédentes, ils dérivent soit d'une version majeure ou d'une versions mineures précédentes déclinant d'une même version majeure.

Le domaine des connaissances est continuellement créée et toujours modifié par les acteurs. Dans ce cadre si un acteur crée des connaissances en exécutant sa tâche de conception, elles seront enregistrées temporairement tout au long du processus de conception comme étant une révision susceptible d'être modifiée. les révisions créées au cours de l'évolution dynamique du processus de conception à travers les modifications annotations seront validées à la fin du processus, à ce moment la révision sera définitive et elle se transforme en une version susceptible d'être enregistrée dans la bibliothèque de projet. Pour valider ce mécanisme nous avons proposé un scénario de l'évolution dynamique du processus de conception à travers les relations interactives entre les acteurs impliqués dans le processus de conception et le versionnement des connaissances.

Références bibliographiques

- [Bounaas, 1995] BOUNAAS Fethi, 'Gestion de l'évolution dans les bases de connaissances : une approche par les règles' Thèse INPG, Spécialité : Informatique, 11 Octobre 1995.
- [Carnduff et al. 1993] Carnduff, T. and Gray, A. Function materialization through object versioning in object-oriented databases, In Proc.of British National Conference on Databases (BNCOD11), Springer -Verlag, pages 111--128, 1993.
- [Djeraba, 1993] C. Djeraba. Composite objects and dependency relationship in engineering. In Proceeding AIENG, Toulouse 1993.
- [Faure, 1999] Faure. A., Bisson G., «Modeling the expérience Feedback loop to umprove Knowledge Base reuse in industrial environment ».
- [Kim, 1996] Inhan Kim, 'A Design System for Concurrent Reuse of Architectural Data'. International conference CAADRIA, 1996.
- [McGuinness et al. 2000] D. L. McGuinness, R. Fikes, J. Rice, and S. Wilder , « An environment for merging and testing large ontologies. », In A. G. Cohn, Proceedings of the Seventh International Conference (KR2000). Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA, 2000.
- [Van Leeuwen et al. 2003] Van Leeuwen, J.P. and S. Fridqvist (2003) "Object Version Control for Collaborative Design" In: Tunçer, Özariyildiz, and Sariyildiz, E-Activities in Building Design and Construction, Proceedings of the 9th EuropIA International Conference, Istanbul, TR, October 8 – 10, 2003, EuropIA Productions, pp. 129-139.
- [Zouari et al. 2005] Zouari A, Tollenaere M, Maalej A & Ben Bacha H "Assistance à la conception collaborative par la capitalisation et la réutilisation des connaissances", 1er Congrès International Conception et Modélisation des Systèmes Mécaniques, CMSM'2005 Hammamet, Tunisie, 23-25 Mars, 2005.
- [Zouari et al. 2007] Zouari A, Tollenaere M, Ben Bacha H and Maalej A. " Can C-K theory apply to KBE (knowledge based engineering) Systems?", to appear in International Journal of Product Lifecycle Management IJPLM, Inderscience publisher 2007.

Sommaire chapitre 7

APPLICATION SUR LES SYSTEMES DE CLIMATISATION AUTOMOBILES -----	150
I- COMPOSITION D'UN SYSTEME DE CLIMATISATION DE VOITURES AUTOMOBILES-----	150
II- LE PROCESSUS DE CONCEPTION DES SYSTEMES DE CLIMATISATION-----	155
1. ETAPES DU PROCESSUS -----	155
2. EXEMPLE DE PROCESSUS DE CALCUL DES DEPERDITIONS THERMIQUES -----	156
3. LES ROLES QUI DOIVENT INTERVENIR SUR LE PROCESSUS DE CONCEPTION -----	158
4. MODELISATION OBJET D'UN PROCESSUS DE CONCEPTION DE CLIMATISEURS -----	159
5. VERSIONNEMENT DES PROCESSUS DE CONCEPTION -----	159
III- DYNAMIQUE DES CONNAISSANCES AU COURS D'UN PROCESSUS DE CONCEPTION-----	161
1. NATURE DYNAMIQUE DE LA CONCEPTION -----	161
2. CONDITIONS POUR MODELISER LES CONNAISSANCES DE LA CONCEPTION -----	161
3. DYNAMIQUE D'ECHANGE DE CONNAISSANCES AU COURS D'UN PROCESSUS DE CONCEPTION-----	162
4. SCENARIO DE DYNAMIQUE DES CONNAISSANCES AU COURS D'UN PROCESSUS DE CONCEPTION-----	163
IV- APPLICATION DE LA THEORIE C-K POUR LE VERSIONNEMENT DES CONNAISSANCES AU COURS D'UN PROCESSUS DE CONCEPTION DE CLIMATISAURS DE VOITURES-----	165
1. ENRICHISSEMENT D'UN CONCEPT PAR DES ELEMENTS DE CONNAISSANCE D'UN PROCESSUS DE CONCEPTION	165
2. ENRICHISSEMENT D'UN PROCESSUS DE CONCEPTION PAR DES RETOURS D'EXPERIENCE D'UN CONCEPT -----	166
3. DESCRIPTION D'UN CONCEPT PAR SA PARTITION-----	166
4. EXPANSION DE LA BIBLIOTHEQUE DE PROJETS PAR LE VERSIONNEMENT DES CONNAISSANCES -----	167
4.1. VERSIONS DE CONNAISSANCES-----	167
4.2. VERSIONS DE PROCESSUS DE CONCEPTION -----	168
4.3. AGREGATION DES CONNAISSANCES -----	168
4.4. CONSTRUCTION DE LA BIBLIOTHEQUE DE PROJET-----	169
V- BILAN DU CHAPITRE 7-----	169

Chapitre 7 :

APPLICATION SUR LES SYSTEMES DE CLIMATISATION DE VOITURES AUTOMOBILES

Pour appliquer notre méthodologie, pour instancier les modèles associés et pour examiner notre système d'information, nous allons nous baser sur la conception fonctionnelle d'un système de climatisation de véhicules automobiles. Cette conception fonctionnelle est itérative parce que pour chaque projet de véhicule, le concepteur doit choisir une solution technologique parmi les quelques solutions faisables et de la dimensionner. Les buts sont les nouvelles cibles d'exécution atteintes dans le système qui pourrait être intégré dans un nouvel environnement physique et fonctionnel du véhicule. Ce cas d'application vise à avoir les retours d'expériences des concepteurs impliqués dans la phase de conception fonctionnelle.

I- COMPOSITION D'UN SYSTEME DE CLIMATISATION DE VOITURES AUTOMOBILES

Les véhicules peuvent avoir principalement trois types différents de dispositifs de climatisation. Chacun des trois types diffère du point de vue concept mais leur processus de conception est très semblable. Les composants les plus communs qui composent ces systèmes des véhicules à moteur sont les suivants :

a- Le compresseur : directement entraîné par le moteur du véhicule, par l'intermédiaire d'une courroie et d'un embrayage électromagnétique, il a pour fonction de refouler le fluide frigorigène, à l'état de gaz haute pression, vers le condenseur.

- 2 cylindres en ligne, verticaux (York, USA) : montage horizontal ou vertical, par cylindre, 1 seule soupape à 2 clapets
- Pistons axiaux alternatifs (5 ou 7 pistons) : les plus répandus, régularité et silence de fonctionnement.

Figure 7-1. Exemples de compresseurs à pistons

- Pistons en étoile, palettes (figure 7-3)



Figure 7-2. Exemples de compresseurs à palettes

- Compresseurs Nippondenso à course de piston variable, réglable en fonction de la puissance frigorifique requise (VAG 1995).
- Compresseurs Sanden à cylindrée fixe (SD7H13 ou SD7H15, 130 et 150 cm³) ou à cylindrée variable (SDV7V12 ou SD7V16, 120 et 160 cm³ maxi) pour R134a. voir figure 7-3.



Figure 7-3. Compresseur Sanden SD7H15

b- Le condenseur : Le condenseur (figure 7-4) est souvent implanté devant le radiateur de refroidissement moteur (influence très légère sur le refroidissement moteur), il permet de transformer le fluide gazeux haute pression (sortie du compresseur) en fluide liquide haute pression. Ce changement d'état (gazeux - liquide) est favorisé par une ventilation forcée spécialement asservie. Il a pour but "d'évacuer" la chaleur prélevée dans l'habitacle.



Figure 7-4. Exemples de condenseur à air forcé pour climatiseur automobile

c- Le réservoir déshydrateur (figure 7-5) : Situé à la sortie du condenseur, il assure une réserve de fluide frigorigène liquéfié il le déshumidifie et le filtre pour absorber les éventuelles traces d'humidités et impuretés qui pourraient subsister dans le circuit. Il est généralement équipé d'un pressostat de sécurité qui neutralise le cycle de fonctionnement en cas d'anomalie de pression dans le circuit.

Le réservoir tampon, filtre et déshumidifie le liquide frigorigène est composé de :

- Déshumidificateur : capacité maxi 60 gouttes d'eau (collecteur-dessicateur).
- Filtre : empilage tamis (écran), laine de verre, dessicat (grains de gel de silicate), laine de verre, filtre métal, tamis.
- Voyant transparent : montre si l'installation est correctement chargée ou complètement vide. Si on aperçoit des bulles, ce ci montre soit une pré détente ou une charge insuffisante de Fréon.

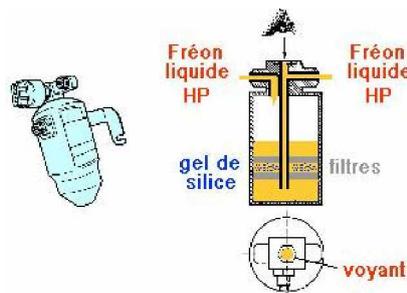


Figure 7-5. Réservoir déshydrateur tampon

d- Le détendeur : Réduit la pression du fluide frigorigène jusqu'à la pression d'évaporation (aspiration) ce qui engendre sa vaporisation partielle. Il permet aussi de réguler le débit pour un bon rendement de l'installation et pour éviter la présence de liquide à l'entrée du compresseur (risque de bris des clapets).

Cas de détendeur thermostatique monobloc (thermostat incorporé) (figure 7-6): la sonde thermostatique ajustant le débit de fréon en fonction de la température de sortie de l'évaporateur :

- Si la température baisse, la membrane monte, la bille monte, fermant le passage vers l'évaporateur et le débit chute.
- Si la température monte, la membrane redescend, la bille se soulève et le débit augmente.

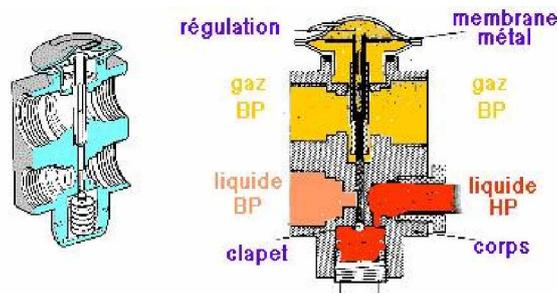


Figure 7-6. Détendeur thermostatique monobloc

e- L'évaporateur (figure 7-7): Son rôle est capital, car il a la charge d'absorber la chaleur et l'humidité absolue de l'habitacle. Ceci est obtenu par un phénomène d'évaporation rapide du fluide frigorigène détendu en refroidissant l'air extérieur acheminé vers l'habitacle. Le fluide se trouve alors à nouveau à l'état de gaz basse pression. Il est ensuite aspiré par le compresseur pour un nouveau cycle.

Les cycles de rotation des compresseurs à cylindrée fixe sont régulés par un thermostat. Il est logé dans un boîtier dans la planche de bord (avec le moto ventilateur),

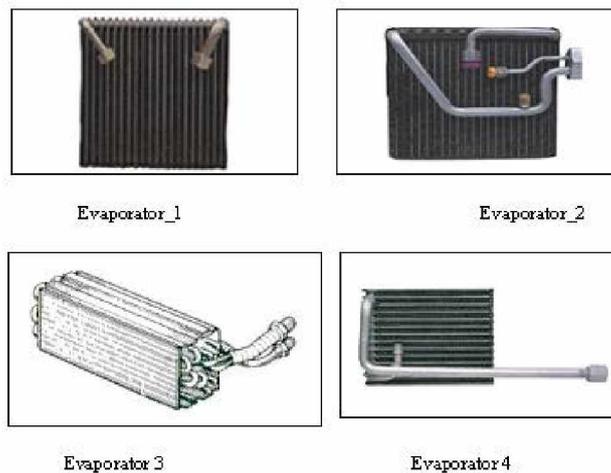


Figure 7-7. Exemples d'évaporateur à circulation d'air forcé

f- Le fluide frigorigène : pour le conditionnement d'air pour automobile le fluide frigorigène le plus utilisé était le CFC 12, il a été remplacé par le HCFC 22, le HCFC 142b puis par le HFC 134a et prochainement par le R744 (CO2).

g- L'huiles : Avec le R134a n'utiliser que des huiles de synthèse polyakylène glycol (PAG), les huiles minérales ou alylbenzène utilisées pour le R12 étant incompatibles.

L'huile PAG SP20 pour compresseurs à cylindrée fixe et PAG SP10 pour compresseurs à cylindrée variable

h- Filtre habitacle : La pose d'un filtre d'habitacle permet d'isoler les passagers des pollutions arrivant de l'extérieur. La nouvelle génération, dite "combiné" traite les flux d'air contre les vapeurs gazeuses les bactéries et les poussières.

Il existe trois types essentiels de filtres d'habitacle. Les plus répandus - dits classiques - utilisent une fibre synthétique imputrescible et non sensible à l'humidité. Ils bloquent les poussières, y compris les pollens. Les charbons actifs, très peu répandus ont surtout comme utilité de stopper les gaz et les vapeurs d'échappement. Enfin, les systèmes combinés associent ces deux niveaux de filtration, les poussières et les gaz polluants. Les filtres d'habitacle sont positionnés en amont de la prise d'entrée d'air dans le véhicule (figure 7-8).

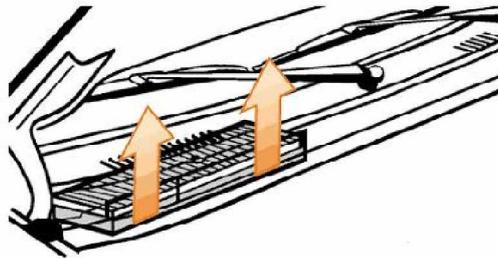


Figure 7-8. Filtre habitacle

i- Circuit électrique (figure 7-9) :

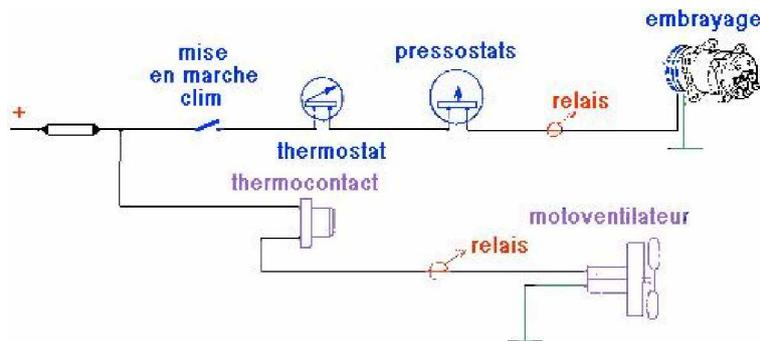


Figure 7-9. Schéma simplifié d'un circuit électrique de climatiseur automobile

Le thermostat : arrêt du compresseur lorsque la température de l'air sortant de l'évaporateur devient trop basse ($(c) + 4^{\circ}\text{C}$), pour éviter le givrage de celui-ci.

Les pressostats :

- Pressostat basse pression : coupe l'alimentation du compresseur à moins de 2 bars, la rétablit à 2.5 bars (selon consigne)
- Pressostat haute pression : coupe l'alimentation du compresseur à plus de 28.5 bars, la rétablit à 23 bars.
- Pressostat de commande des ventilateurs : commande le fonctionnement des ventilateurs dès que la pression dépasse 19 bars, et les arrête à moins de 14 bars
- La sonde de température d'eau : coupure de l'alimentation du compresseur au-dessus de 112°C

j- Les gaines de distribution d'air : assurent la distribution de l'air conditionné et filtré uniformément dans l'habitacle (figure 7-10). Les bouches de soufflage permettent d'orienter le sens du flux aéraulique avec la possibilité de leur ouverture ou leur fermeture selon les besoins.



Figure 7-10. Exemple de gaine de distribution d'air (avant et arrière) pour voiture climatisée

k- Canalisations : les canalisations (rigides ou flexibles) permettent de véhiculer le fluide frigorigène à travers les différents composants du climatiseur (figure 7-11). On distingue les canalisations pour vapeur et les canalisations pour liquide.



Figure 7-11. Exemple de canalisations d'un climatiseur automobile

Le fonctionnement d'un climatiseur joue sur la compression d'un gaz et de sa détente. Un compresseur comprime le gaz à haute pression passe dans un condensateur pour être liquéfié ensuite accumulé dans un accumulateur déshydrateur puis il passe dans le détendeur pour abaisser sa température et sa pression. Il en sort un liquide, qui permet le refroidissement de l'habitacle en passant dans l'évaporateur. Le gaz à basse pression sera aspiré par le compresseur pour un nouveau cycle. La figure 7-12 montre un exemple de circuit frigorifique d'un système de climatisation de voiture automobile à compresseur attelé.

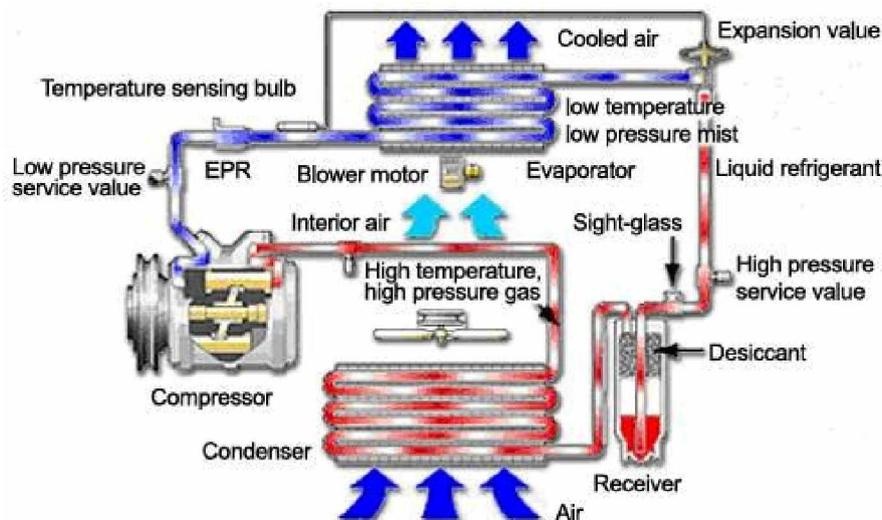


Figure 7-12. Exemple de circuit frigorifique d'un système de climatisation de voiture automobile

II- LE PROCESSUS DE CONCEPTION DES SYSTEMES DE CLIMATISATION

Le système de climatisation est devenu un des plus importants dispositifs dans la voiture automobile. Il est maintenant intégré dans 60% des nouvelles voitures car il est devenu un critère de vente de ces produits. Quand une personne décide d'acheter une voiture, elle ne doit pas penser uniquement au confort mais aussi à l'économie du carburant, à l'environnement, à la maintenabilité, à la sécurité sur la route, à l'aérodynamisme, etc. en raison de ses faits, le système de climatisation doit être évalué en étudiant le comportement thermodynamique du véhicule entier.

Il est nécessaire de représenter et calculer le système de climatisation comme étant un ensemble, à partir de l'admission de l'air à travers la climatisation intérieure et l'évaluation du confort des passagers. Le transfert de chaleur entre les composants intérieurs et leur environnement est calculé avec la considération des trois principaux mécanismes de transfert de chaleur ; la conduction, la convection et le rayonnement.

1. Etapes du processus

a- établissement du bilan calorifique de la voiture

○ Déterminer les apports calorifiques transmis à travers les parois :

§ Transmission par conduction et par convection

+ Identifier la composition des parois

+ Calculer les différentes surfaces des parois

§ Transmission par rayonnement

+ Apports dus à la chaleur provenant du rayonnement sur les parois opaques

– Déterminer le facteur de rayonnement

– Déterminer le coefficient d'absorption des différentes parois

– Déterminer l'intensité du rayonnement solaire pour paroi opaque

+ Apports dus à la chaleur provenant du rayonnement sur des vitrages

– Déterminer le facteur de réduction

– Déterminer le coefficient d'absorption du vitrage

– Déterminer l'intensité du rayonnement solaire pour vitrage

§ Apports dus au rayonnement des corps noirs (tableau de bord, volant...) ensoleillés

○ Déterminer les apports calorifiques engendrés par la partie motorisation

○ Déterminer l'apport calorifique du aux occupants

○ Déterminer les déperditions par renouvellement d'air

b- Déduire la puissance frigorifique du climatiseur

c- Choisir le fluide frigorigène {R22, R134a}

d- Choisir la température de condensation {selon le pays de destination, $T_C > T_{amb} + \Delta T_C$ }

e- Choisir la température de la batterie froide $\{T_0 + \Delta T_0 < T_{habitacle}\}$

f- Choisir le compresseur convenable {technologie et type}

○ Compresseur ouvert (attelé)

○ Alternatif (à pistons)

○ Rotatif (scroll)

○ Motocompresseur

○ Alternatif (à pistons)

○ Rotatif (scroll)

g- Identifier l'évaporateur et son système de ventilation

○ Déterminer l'écart de température entre la batterie froide et l'habitacle $\{\Delta T_0 > \theta\}$

- o Choisir l'évaporateur convenable {*évaporateur à air forcé*}
- o Déterminer le débit de soufflage {*pulseur*}
- h-** Identifier le condenseur et son système de ventilation
- o Déterminer l'écart de température entre la batterie chaude et l'air ambiant { $\Delta T_0 > 4$ }
- o Choisir le condenseur convenable {*condenseur à chaleur sensible à circulation d'air forcé*}
- o Déterminer le débit de soufflage {*mono ou multi moto ventilateur*}
- i-** Dimensionner le détendeur correspondant à la puissance frigorifique du climatiseur {*détendeur thermostatique*}
- j-** Dimensionner et choisir les appareils annexes {*filtre déshydrateur, robinets de charge...*}
- k-** Dimensionner et choisir les canalisations et les raccords {*rigide et/ou flexible*}
- l-** Dimensionner l'installation électrique du climatiseur
- m-** Dimensionner et choisir les appareillages d'automatisme et de régulation {*pressostats, thermostat...*}
- n-** Concevoir le pupitre de commande et de réglage
- o-** Etudier et valoriser la variation de la puissance frigorifique (et/ou température) en fonction de la variation du régime du moteur et du débit de soufflage dans l'habitacle.

2. Exemple de processus de calcul des déperditions thermiques

Pour un système, le bilan énergétique global peut être exprimé par l'équation Eq1 (figure 7-13), après une évaluation du flux de chaleur résultant de chaque couche de matériaux. L'équation Eq1 illustre la notion que le flux de chaleur total est la somme des flux de chaleur par les trois mécanismes de transfert de chaleur. Le bilan énergétique nous permet de calculer la puissance du compresseur à installer dans le système étudié et par la suite le choix du composant adéquat à l'installation. L'équation Eq2 (figure 7-14) détermine la variation de température d'un composant dans le temps par conduction. De même, les équations de conservation de masse et d'enthalpie à partir de la base des changement de température et de l'humidité des volumes intérieurs.

$$\frac{dQ_{tot}}{dt} = \dot{Q}_{tot} = \dot{Q}_{rad} + \dot{Q}_{cond} + \dot{Q}_{conv}$$

\dot{Q}_{rad} = Heat flux resulting from radiation [W]
 (solar - and human body radiation)

\dot{Q}_{cond} = Heat flux resulting from conduction [W]

\dot{Q}_{conv} = Heat flux resulting from convection [W]

Eq.01

Figure 7-13. Bilan énergétique global

$$\frac{d\vartheta}{dt} = \frac{1}{c_{p,BS} \cdot m_{BS}} \cdot \dot{Q}_{tot,BS}$$

ϑ = Component layer temperature [°C]

t = Time [s]

$c_{p,BS}$ = Specific thermal capacity of component layer [J / kgK]

m_{BS} = Component layer mass [kg]

$\dot{Q}_{tot,BS}$ = Resultant heat for component layer [W]

Eq.02

Figure 7-14. Variation de température dans le temps par conduction

Quand les flux de chaleurs par convection des couches de composants adjacents à 'n' nombres de volume intérieur ont été ajouté, la température et l'humidité changent dans le temps et il seront déterminés à partir des équations Eq3 (figure 7-15) et Eq4 (figure 7-16). Eq3 détermine le flux de la chaleur par convection (chaleur sensible), alors que Eq4 détermine la chaleur latente.

$$\frac{d\vartheta_a}{dt} = \frac{1}{m_a \cdot \left(\bar{c}_p + \frac{h_a}{(\vartheta_a + 273.15)} \right)} \left(\sum_{n=1}^N \dot{m}_n (h_n - h_a) + \dot{Q}_{conv} \right)$$

ϑ_a = Air zone temperature [°C]
 t = Time [s]
 m_a = Air zone mass [kg]
 \dot{m}_n = Mass flux flowing into von a volume from all adjacent volumes
 \bar{c}_p = Mean specific heat capacity of the air zone [J / kgK]
 h_a = Specific enthalpy of the air zone [J / kg]
 h_n = Specific enthalpy of adjacent volumes [J / kg]
 \dot{Q}_{conv} = Convection heat flux flowing into the air zone [W]

Figure 7-15. Flux de la chaleur sensible par convection

$$\frac{dY_a}{dt} = \frac{1 + Y_a}{m_a} \sum_{n=1}^N \dot{m}_n \cdot \frac{Y_n - Y_a}{1 + Y_n}$$

t = Time [s]
 m_a = Air zone mass [kg]
 \dot{m}_n = Mass flux flowing into a volume from all adjacent volumes [kg / s]
 N = Total number of air zones
 Y_a = Vapour content of the air zone [kg / kg]
 Y_n = Vapour content of adjacent interior volumes [kg / kg]

Figure 7-16. Chaleur latente

L'apport calorifique des passagers est calculé à partir des équations de base Eq5 (figure 7-17) et Eq6 (figure 7-18), à la fois par convection et par rayonnement.

Pour l'apport calorifique due à l'ensoleillement (rayonnement et effet de serre). Nous pouvons choisir pour calculer cet apport la méthode de maxwell, en considérant que la voiture peut être ensoleillé des quatre cotés sans oublier le toit et ce en faisant une moyenne des apports par ensoleillement en fonction des orientations possibles du véhicule et pour n'importe quelle période du jour. Or ce calcul nécessite de savoir la latitude du lieu où la voiture va circuler, mais ceci est impossible car on ne peut pas savoir dans quel pays va circuler la voiture au moment de sa conception. Nous pouvons opter à des moyennes en fonction des régions (Europe, pays chaud...).

$$M_{cr} \cdot c_{cr} \cdot \frac{dT_{cr}}{dt} = M - W - E_{res} - KS \cdot (T_{cr} - T_{sk})$$

M_{cr} = Core mass per body surface area [kg / m²],
 90 % of body mass
 c_{cr} = Specific thermal capacity of core [W hr / kg°C]
 T_{cr} = Body core temperature [°C]
 T_{sk} = Mean skin temperature [°C]
 t = Time [hr]
 M = Metabolic overall heat generation per body surface area
 [W / m²]
 W = External movement work per body surface area
 [W / m²]
 E_{res} = Reasonable and latent exchange with the surrounding
 through breathing [W / m²]
 KS = Overall thermal conductivity of skin [W / m²]

Figure 7-17. Apport calorifique latent des passagers

$$M_{sk} \cdot c_{sk} \cdot \frac{dT_{sk}}{dt} = KS \cdot (T_{\sigma} - T_{sk}) - (\dot{Q}_{rad} + \dot{Q}_{conv}) - E_{sk}$$

M_{sk} = Skin mass per Body surface area [kg / m^2],
 10 % of body mass
 c_{sk} = Specific thermal capacity of skin [$\text{W hr} / \text{kg}^{\circ}\text{C}$]
 T_{σ} = Body core temperature [$^{\circ}\text{C}$]
 T_{sk} = Mean skin temperature [$^{\circ}\text{C}$]
 t = Time [hr]
 E_{sk} = Overall skin energy loss through diffusion and
 perspiration [W / m^2]
 \dot{Q}_{rad} = Heat exchange through radiation per body
 surface area [W / m^2]
 \dot{Q}_{conv} = Heat exchange through convection per body
 surface area [W / m^2]

Eq.06

Figure 7-18. Apport calorifique sensible des passagers

3. Les rôles qui doivent intervenir sur le processus de conception

- Déterminer les différents apports calorifiques pour l'habitacle
- Calculer la puissance frigorifique utile pour conditionner l'air de l'habitacle
- Choisir le fluide frigorigène selon des critères donnés
- Déterminer l'huile de lubrification adéquate au fluide frigorigène choisis
- Choisir la technologie (attelé, motocompresseur, etc.) selon la version du véhicule (en série ou optionnel) et/ou selon la cylindrée du moteur
- Choisir le climatiseur convenable sur les catalogues des constructeurs selon la disponibilité.
- Dimensionner et concevoir l'installation électrique du climatiseur et l'intégrer à celle de l'automobile
- Choisir le compresseur convenable sur les catalogues des constructeurs {en fonction de la puissance frigorifique, le type du fluide frigorigène, la température de condensation (ou ambiante) et la température de la batterie froide}.
- Concevoir le pupitre de commande et de réglage et l'intégrer dans le tableau de bord
- Etudier et valoriser la variation de la puissance frigorifique (et/ou température) en fonction de la variation du régime du moteur et du débit de soufflage dans l'habitacle ainsi que l'influence du climatiseur sur la consommation de la voiture et su sa vitesse.

Si l'entreprise conçoit son climatiseur, il faut ajouter les rôles suivants :

- Dimensionner et choisir l'évaporateur et son système de ventilation
- Dimensionner et choisir le condenseur et son système de ventilation
- Dimensionner et choisir les appareils annexes
- Dimensionner et choisir les canalisations et les raccords
- Dimensionner et choisir les appareillages d'automatisme et de régulation et prévoir leurs consignes

4. Modélisation objet d'un processus de conception de climatiseurs

Le diagramme de classe (figure 7-19) présente un exemple d'une partie du processus de conception d'un climatiseur automobile. Il montre la succession des tâches, les connaissances et les ressources de la tâche et la relation entre le modèle produit et processus de conception à travers les paramètres.

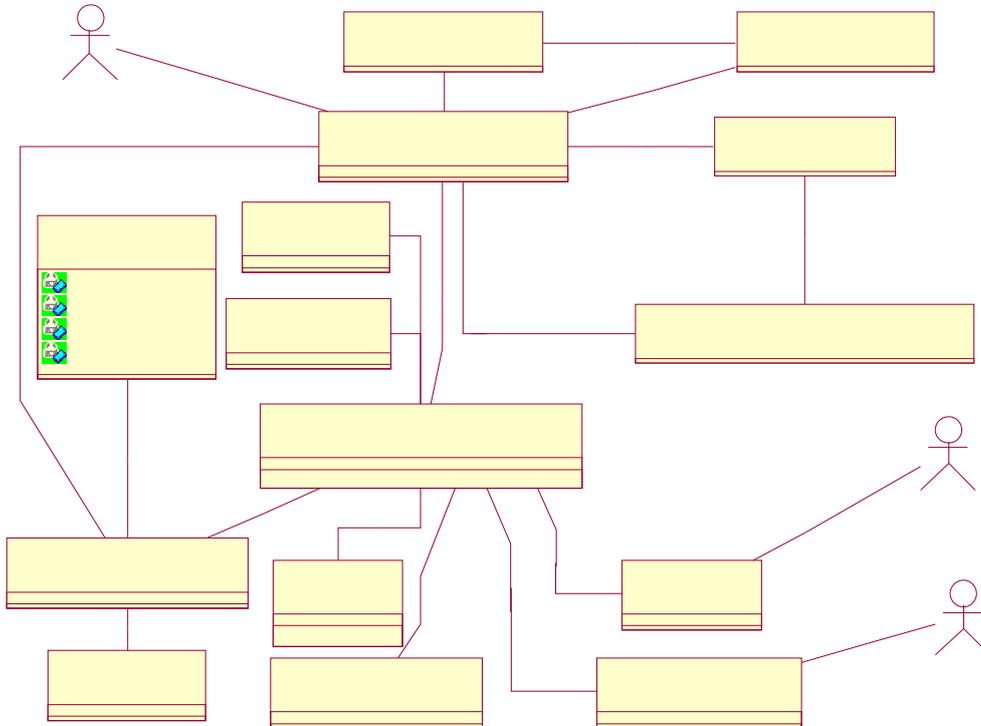


Figure 7-19. Exemple de processus de conception multi acteurs

5. Versionnement des processus de conception

Le processus de conception des systèmes de climatisation pour voiture automobile ci-dessus est trop détaillé, d'autres processus peuvent être utilisés si le constructeur décide de diminuer le coût de la conception de cet organe. Ces processus ont généralement la même structure que le précédent mais ils négligent certains apports calorifiques (externes ou internes) n'ayant pas trop d'influence sur la valeur de la puissance calorifique du compresseur à choisir. Les simplifications peuvent aller jusqu'au dimensionnement de la clim en fonction du volume du véhicule à conditionné, en multipliant ce paramètre par un facteur pour avoir la puissance frigorifique à installé. Cette diversité de méthode de calcul mène au versionnement des processus de conception. C'est à l'expert de domaine de choisir la version de processus adéquate à imposer aux acteurs de projet en fonction des exigences du projet.

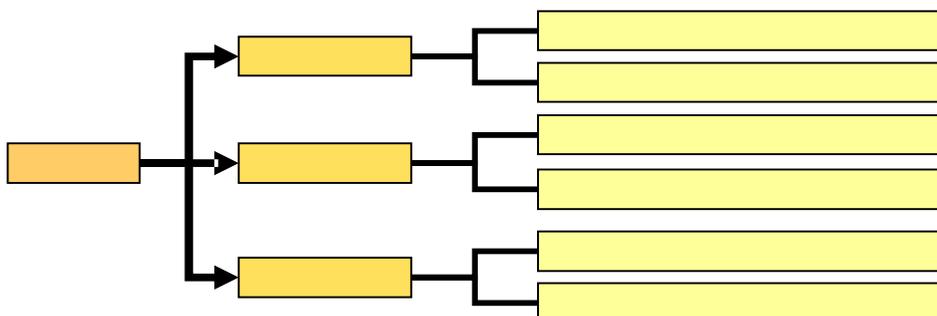


Figure 7-20. Versionnement en fonction de paramètres déterminants

La figure 7-20 présente un exemple de versionnement des paramètres relatifs au dimensionnement d'un système de climatisation de voiture automobile en fonction du volume de l'habitacle et en fonction de la cylindrée du moteur.

Depuis la première intégration du système de climatisation des véhicules automobiles dans les années 40, beaucoup de choses ont subi un changement étendu. Les améliorations, telles que le contrôle automatisé de température et les améliorations à la longévité globale, ont augmenté la complexité des systèmes de climatisation modernes. Un autre problème s'ajoute, celui des règlements environnementaux durs qui régissent la plus simple des tâches, telles que recharger le système avec le réfrigérant R12. Les études scientifiques étendues ont prouvé les effets préjudiciables de ce réfrigérant à notre couche d'ozone, et sa fabrication a été interdite par beaucoup de pays au cours du protocole de Montréal.

L'adaptation ultérieure implique de faire les changements nécessaires au système de climatisation, qui lui permettra d'employer le nouveau réfrigérant. Le CFC R12 a été remplacé dans une première étape par un fluide frigorigène de transition tel que le HCFC R22 pour être définitivement remplacé par un HFC R-134a "inerte à l'ozone". Ce nouveau réfrigérant nécessite une pression de fonctionnement plus élevée, donc, le système peut exiger de plus grandes ou plus robustes pièces pour parer ses caractéristiques à haute pression inhérentes. Ceci, dans certains cas, s'ajoutera de manière significative au coût final de la réparation.

Cependant, au regard des objectifs fixés par le protocole de Kyoto et la marginalisation des systèmes de climatisation embarqués, le remplacement du HFC R134a peut représenter un enjeu important pour réduire les émissions de gaz à effets de serre : En effet, le HFC R134a a un impact 1300 fois plus important sur le réchauffement de la planète que le CO₂ à quantité égale en poids.

Le CO₂ (R744) est un gaz envisageable comme réfrigérant des systèmes de climatisation en remplacement des HFC (R134a) dans un futur proche. L'emploi du CO₂ relève plusieurs difficultés liées à la pression à laquelle il doit être employé pour être utilisé comme fluide réfrigérant (120 bars au refoulement et 34 bars à l'aspiration). En effet, la température critique du CO₂ est plus basse que celle du R134a et sa pression critique est plus élevée ce qui oblige le système de climatisation à fonctionner dans des conditions plus difficiles à réaliser. Cela implique des matériaux plus résistants, donc plus lourd et plus coûteux, ce qui freine la commercialisation de ce type de système à l'heure actuelle. Toutefois, Denso, un équipementier Japonais, a équipé en 2002 le véhicule expérimental de Toyota à pile à combustible d'un système de climatisation à CO₂.

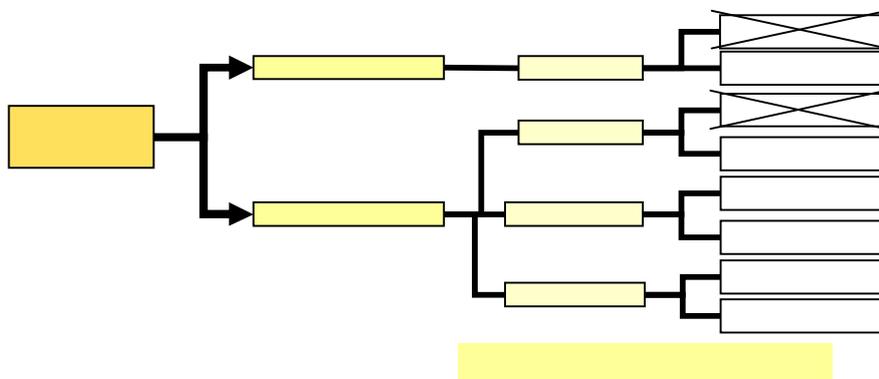


Figure 7-21. Versionnement suite à une innovation ou une loi d'interdiction

La figure 7-21 présente un exemple de versionnement des paramètres des installations de climatisation de voitures automobiles en fonction du choix du fluide frigorigène et de la technologie relative à la source de puissance du compresseur.

III- DYNAMIQUE DES CONNAISSANCES AU COURS D'UN PROCESSUS DE CONCEPTION

1. Nature dynamique de la conception

Un des problèmes principaux, qui doit être adressé en définissant les modèles informationnels pour la conception est provoqué par la nature dynamique de la conception. Pendant le processus de la conception, l'information n'est pas traitée en tant que données statiques, mais est sujette invariablement au changement. C'est dû au caractère de résolution des problèmes de la conception, qui implique la recherche de l'information, d'analyser, de structurer, d'interpréter, et d'évaluer l'information en répétant des cycles. Le plus important, il comporte la génération d'information pendant ce processus cyclique et la combinaison de cette nouvelle information avec des données connues, définissant les nouvelles structures d'information qui mènent aux solutions de la conception. Nous concluons que la définition et la structure de l'information pendant le processus cyclique de la conception est une question clé dans les tâches support du processus de conception avec des modèles informationnels et des systèmes de gestion de l'information de conception.

2. Conditions pour modéliser les connaissances de la conception

Un des aspects qui forment la nature dynamique de la conception est la façon flexible de manipuler l'information. Dans le processus de résolution des problèmes de la conception, la recherche des solutions, les alternatives, et les optimisations exigent que l'information soit constamment analysée, interprétée, produite, et restructurée. Les Modèles de connaissance qui sont censés pour soutenir des tâches de conception devront montrer une flexibilité suffisante, en tenant compte de la définition et la redéfinition, structuration et restructuration de l'information. Les modèles de connaissances devront évoluer afin de refléter l'évolution de la conception. L'évolution dans la conception se produit non seulement pendant un projet simple de conception. Le fait que les concepteurs apprennent des savoir faire, qui changent leur approche à résoudre des problèmes de conception, à trouver de nouvelles techniques, nouvelles règles, nouveaux concepts. Cette évolution stylistique est un composant essentiel de la conception créatrice, elle doit être adressée par de futurs systèmes de CAO.

La figure 7-22 peut alors être pris comme référence (schéma adapté des travaux du réseau « gestion des connaissances » de PSA Peugeot Citroën). Ce schéma illustre les flux de connaissances autour du patrimoine et les actions associées à ceux-ci.

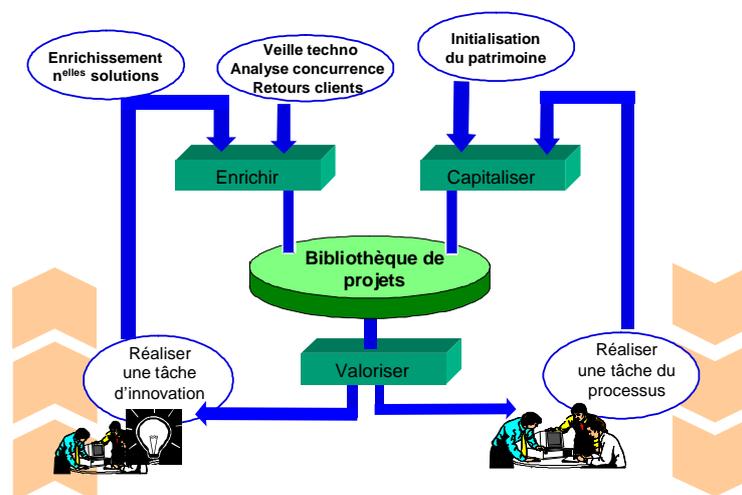


Figure 7-22. Les flux de connaissances autour du patrimoine

La figure 7-22 présente trois grandes activités de gestion du référentiel métier qui sont :

- Son enrichissement : Suite à la conception de nouvelles solutions ou à la découverte de nouvelles technologies grâce à la veille, il s'agit de les intégrer dans le référentiel métier en retirant, si besoin, les technologies devenues obsolètes.
- La capitalisation : Il s'agit de capitaliser des connaissances existantes dans l'entreprise et non formalisées avec le référentiel MULTI.
- Sa valorisation : Il s'agit de faire en sorte que ce référentiel soit utilisé par les concepteurs, c'est à dire, qu'il soit sous une forme adéquate privilégiant son utilisation. Cette étape est supportée par les NTIC (Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication).

3. Dynamique d'échange de connaissances au cours d'un processus de conception

L'évolution du projet illustre la nécessité de définir des règles strictes d'échange pour maintenir la concordance du système étudié. Ces règles concernent principalement l'échange des connaissances partagées au cours d'un processus de conception où les acteurs manoeuvrent des connaissances pour produire des concepts figure 7-23. Il est donc inévitable que les connaissances changeront dans le but de corriger des erreurs, d'adapter de nouvelle information, ou ajuster la représentation d'un domaine particulier. Cependant le mécanisme de versionnement peut être mené par des annotations et des validations des connaissances de la part d'autres acteurs impliqués dans le processus de conception.

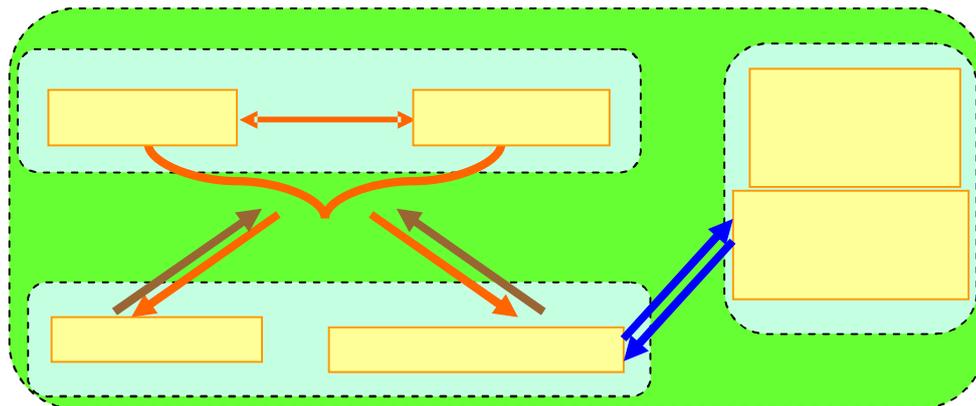


Figure 7-23. Echange de connaissances au sein d'une équipe d'un projet

Chaque acteur a une tâche spécifique dans un projet selon les engagements définis dans les contrats, le plan de gestion de qualité et les lois de domaine. La tâche de chaque acteur est employée pendant la planification du projet pour définir le rôle de l'acteur pendant les activités. Le modèle relationnel emploie les rôles des acteurs dans une activité pour déterminer les relations que les acteurs auront avec les éléments de connaissances. Ces rôles peuvent être : auteur, conseiller, responsable, lecteur, etc.

Les acteurs projet participent dans la synchronisation des tâches en fonction des conditions d'exécution de ces derniers. De plus un acteur projet peut annoter le résultat d'un autre acteur à cause de la non concordance de ce résultat avec une exigence ou une contrainte projet. Ces annotations obligent le deuxième acteur à faire des modifications et corriger le paramètre en question. En cas de conflit les acteurs doivent se référer aux experts qui peuvent en plus annoter ou valider les résultats. La validation définitive des résultats est assurée par les gestionnaires de projet qui sont les premiers responsables de l'équipe du projet. Nous avons modélisé les différentes activités des concepteurs impliqués dans le processus de conception par un diagramme de classe figure 7-24.

Le diagramme figure 7-24 représente la structure de notre modèle relationnel. Dans ce modèle nous identifions les types suivants de l'information :

- Le projet, est formé par des tâches,
- Les tâches, où les acteurs manipulent et produisent des connaissances,
- Les participants (acteurs) qui pourraient être une personne simple ou un groupe de personnes
- Les rôles qu'a chaque acteur dans une activité,
- Les relations entre les acteurs et les connaissances qui déterminent le droit d'accès sur des versions de connaissance,
- Les versions de connaissance qui peuvent être une simple instance de paramètre ou un groupe de version d'instance de paramètres.

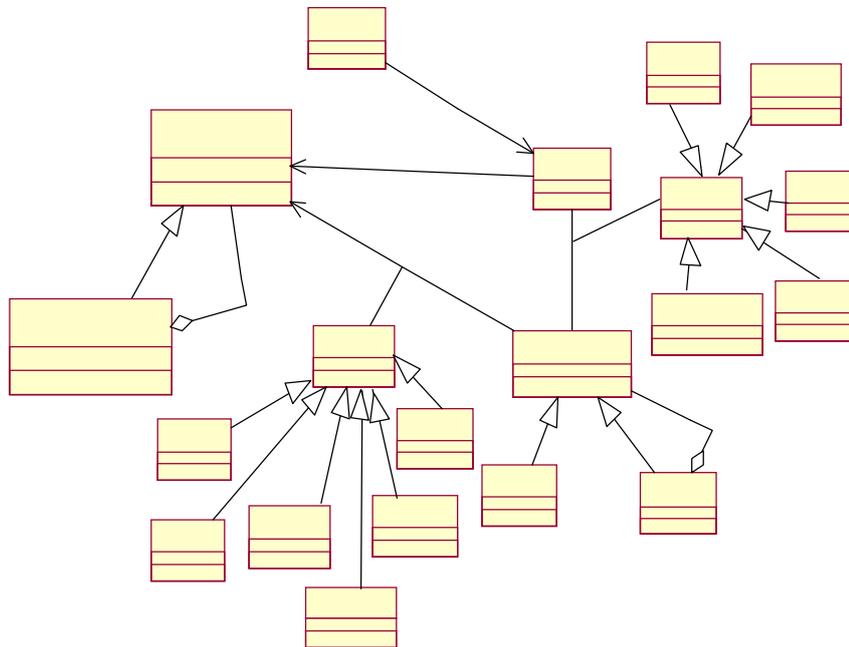


Figure 7-24. Modèle relationnel

4. Scénario de dynamique des connaissances au cours d'un processus de conception

Les droits d'accès sont implicitement déduits des relations "acteur/connaissance". Par exemple dans le cas de conception collaborative, les modifications sur les connaissances faites par un acteur ont souvent un intérêt à d'autres acteurs. Pour bien conduire l'acheminement des tâches, les différents acteurs doivent communiquer facilement entre eux pour échanger, annoter et valider des connaissances figure 7-25.

Si un acteur projet crée une révision de connaissance (paramètre) au cours d'un processus de conception elle serait enregistrée dans une base de donnée temporaire en attendant la réaction des acteurs qui l'emploie dans leurs tâches. Ces derniers peuvent annoter cette révision en fonction des exigences de leurs tâches, dans ce cas l'auteur de la révision de connaissance doit la modifier en tenant compte des annotations de son collègue. En cas de conflit c'est au responsable de domaine d'intervenir pour annoter ou valider cette révision de connaissance. La révision de connaissance ne peut être enregistrée dans la bibliothèque de projet comme étant une version de connaissance sauf si tous les acteurs qui la partagent ainsi que le responsable de domaine l'ont validé.

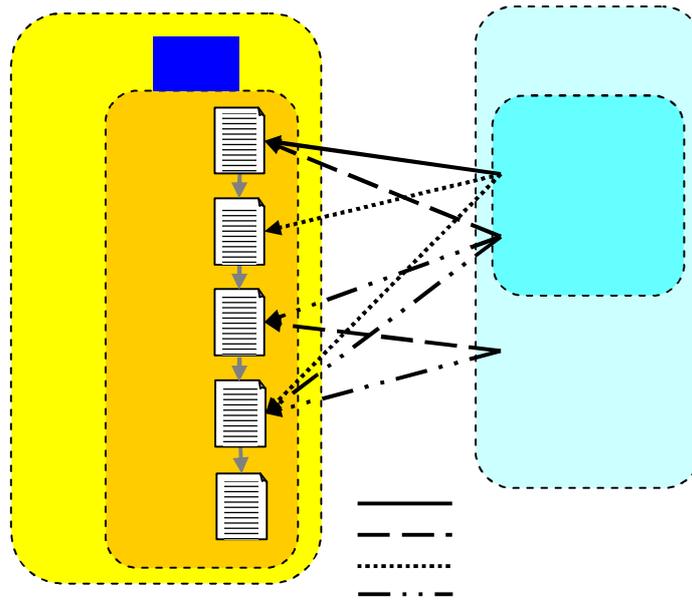


Figure 7-25. Scénario de dynamique de versionnement des connaissances

Le diagramme figure 7-26 illustre une modélisation objet de la dynamique d'échange des connaissances au cours d'un processus de conception d'un système de climatisation automobile.

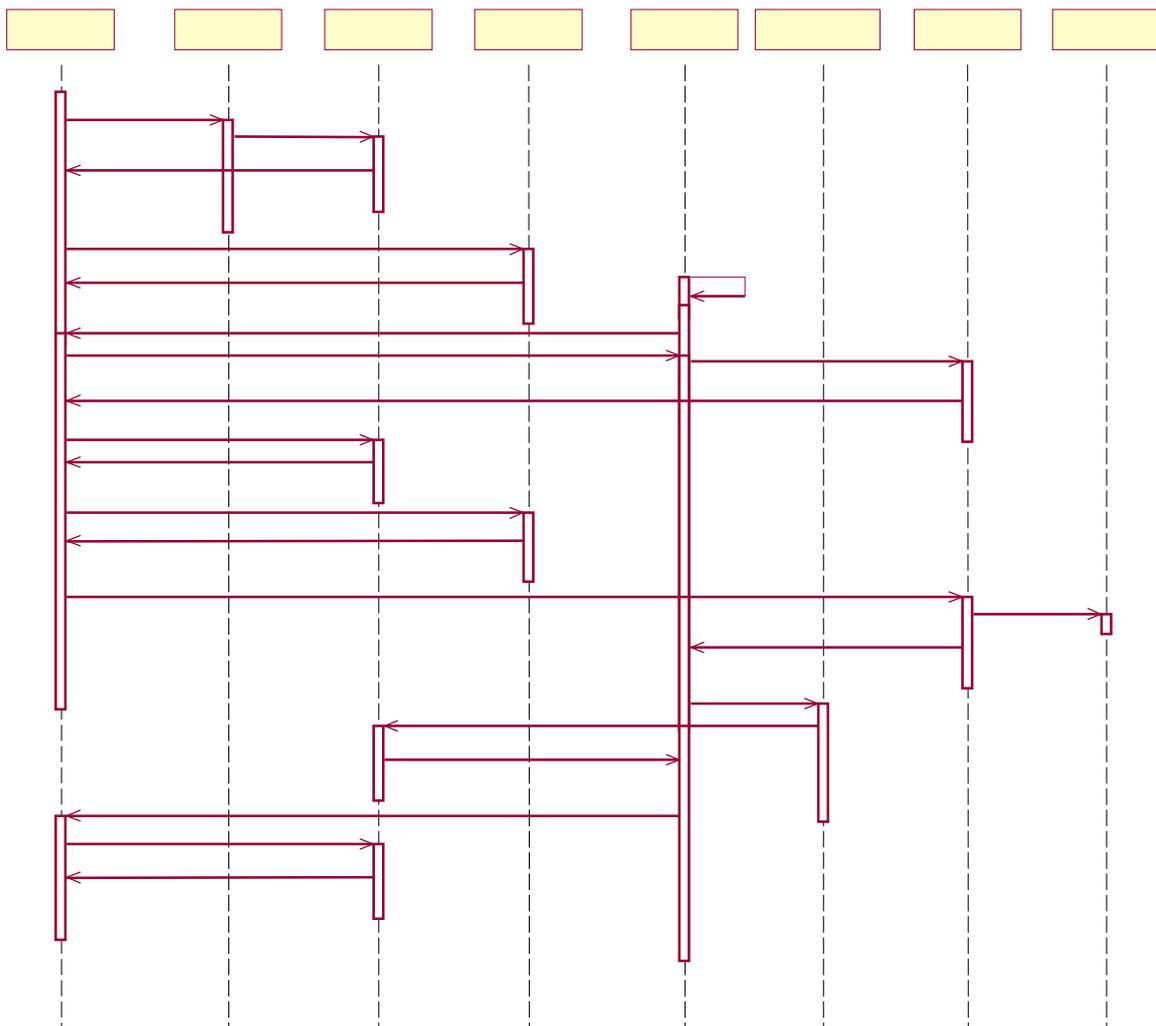


Figure 7-26. Dynamique d'échange des connaissances au cours d'un processus de conception

IV- APPLICATION DE LA THEORIE C-K POUR LE VERSIONNEMENT DES CONNAISSANCES AU COURS D'UN PROCESSUS DE CONCEPTION DE CLIMATISEURS DE VOITURES

1. Enrichissement d'un concept par des éléments de connaissance d'un processus de conception

Beaucoup de solutions technologiques peuvent être examinées par le concepteur pour choisir de dispositif convenable au projet étudié. Ce choix nécessite des informations pouvant être importée d'autres concepteurs impliqués dans les processus de conception du projet (exemple : puissance de la voiture, la géométrie du véhicule, les matériaux utilisés...).

Un dispositif de climatisation de voiture se compose souvent par :

- Compresseur
- Condenseur et moto ventilateur
- Évaporateur et moto ventilateur
- Détendeur.
- Tuyauteries
- Câbles électriques
- Pupitre de commande
- Gaines de diffusion.

Ces systèmes structuraux sont modélisés comme sous ensembles du modèle de produit du domaine (climatiseur). Chaque sous ensemble a ses propres paramètres. Par exemple, le compresseur à piston actionné par le moteur a les paramètres suivants :

- Diamètre de poulie ;
- Type de cannelure ;
- Tension électrique ;
- Diamètre d'aspiration de mise en communication ;
- Diamètre de décharge de mise en communication ;
- Cylindrée ;
- Volume et type de réfrigérant ;
- Plage de vitesse ; etc.

Pour mieux décrire le produit (concept) il doit être enrichi par des éléments de connaissance issus du modèle processus de conception de projet. Ceci permet d'entrer la valeur de tous les paramètres relatifs. La figure 7-27 montre l'enrichissement en concept par des connaissances provenant du modèle processus de conception appliqué à un projet particulier.

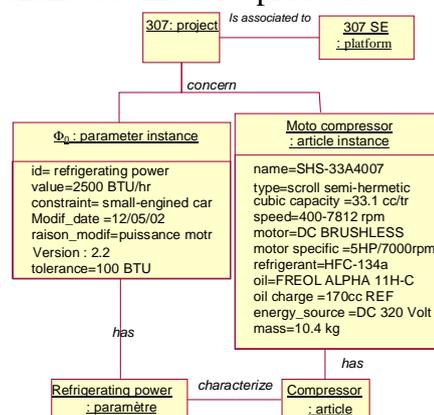


Figure 7-27. Enrichissement d'un concept par des éléments de connaissance issus du processus de conception

Le bilan thermique de la voiture est établi en fonction de la géométrie de l'habitacle, des caractéristiques géométriques et thermiques des matériaux des parois et des conditions climatiques. Le bilan thermique donne une idée sur la puissance frigorifique du compresseur. Le choix du compresseur commercialisé ayant une puissance frigorifique la plus proche de celle calculé exige un versionnement d'objet (version d'instance). Le compresseur choisi est un résultat du processus de conception qui a déterminé les caractéristiques de conception du compresseur en employant des catalogues de fabricants de compresseur de climatiseur pour voiture automobile.

2. Enrichissement d'un processus de conception par des retours d'expérience d'un concept

Le processus de conception fonctionnelle est composé de plusieurs tâches combinées respectant les contraintes fonctionnelles. Par exemple, pour réaliser sa fonction principale, un compresseur attelé nécessite une source d'énergie du moteur de voiture. Ainsi la puissance de moteur a quelques caractéristiques de consommation à respecter. Celui-ci représente pour le dispositif de climatisation une contrainte.

La connaissance peut être agrégée d'autres projets, pour enrichir le processus de conception d'un projet en cours d'étude. Cela s'appelle autrement la réutilisation d'éléments de connaissance de projet. La majorité des tâches ont besoin des ressources en plus de la compétence qui les réalise; le processus d'exécution et les conditions d'ordonnement. Les ressources représentent pour une tâche, une formule, abaque, retour d'expérience, etc. La figure 7-28 montre l'enrichissement d'une tâche du processus "choisir un compresseur" par des retours d'expérience relatifs à d'autres projets, ceci correspond à un versionnement par agrégation de connaissances. Cependant le même système de climatisation conçu pour un projet spécifique peut être réutilisé pour un autre projet récent.

Figure 7-28. Enrichissement du processus "choisir un compresseur" par des retours d'expériences.

3. Description d'un concept par sa partition

Le modèle de connaissance du point de vue produit est basé sur une approche systémique, résultant du cycle de V de l'ingénierie système. Ce cycle définit la décomposition d'un système en sous systèmes jusqu'aux composants. Chaque article est caractérisé par un ou plusieurs paramètres définis par la fonction qui effectue la solution technologique. Dans notre approche, la granularité d'article est définie par les concepteurs. Ils instancient le modèle de produit de domaine sur un projet donné. Constamment, l'instance d'article pour un projet donné autorise la reconstitution de la composition de l'article (système étudié).

La figure 7-29 montre que le système de climatisation est composé de beaucoup d'articles tels que le compresseur, vaporisateur, tuyauteries, etc. Pour chacun des sous-systèmes précités il y a beaucoup de solutions technologiques qui différencie chaque entité. Exemple pour le compresseur on distingue d'une part la technologie utilisée pour la source d'énergie (compresseur actionné par moteur de voiture ou compresseur actionné de moteur électrique embarqué). D'autre part la technologie employée pour comprimer le réfrigérant (compresseur de piston, compresseur scroll, etc.). Selon la technologie utilisée, chaque article est divisé en sous-ensembles formés de composants élémentaires (un compresseur de piston se compose

par poulie, embrayage, pistons, etc.). Cette diversité de choix engendre un versionnement d'objet.

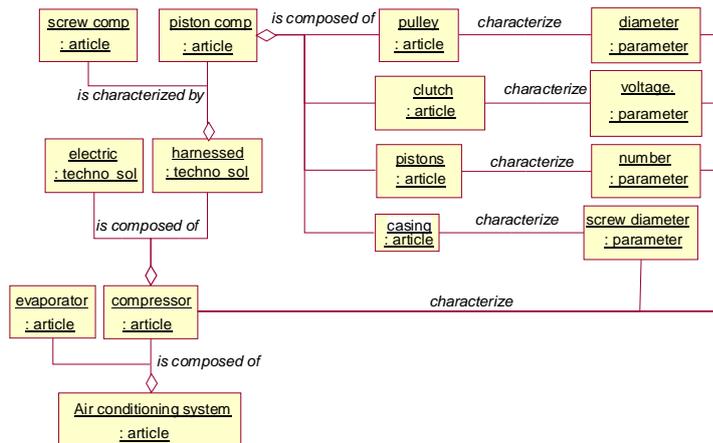


Figure 7-29. Description du concept système de climatisation par sa partition

4. Expansion de la bibliothèque de projets par le versionnement des connaissances

4.1. VERSIONS DE CONNAISSANCES

Pour améliorer la réutilisation des connaissances capitalisées et les contrôler facilement, ils doivent être stockés comme étant des versions de connaissance. Les traces des opérations de versionnement de connaissance pendant le processus de conception laissent avoir également une auto expansion de l'espace de connaissance. En d'autres termes, c'est une auto expansion du référentiel de processus de conception.

La figure 7-30 illustre un exemple d'instance du paramètre diamètre d'aspiration (versions de connaissances) sur différents projets. En outre elle montre le versionnement de la valeur d'un paramètre à un projet particulier. Ce modèle correspond à un versionnement de connaissances.

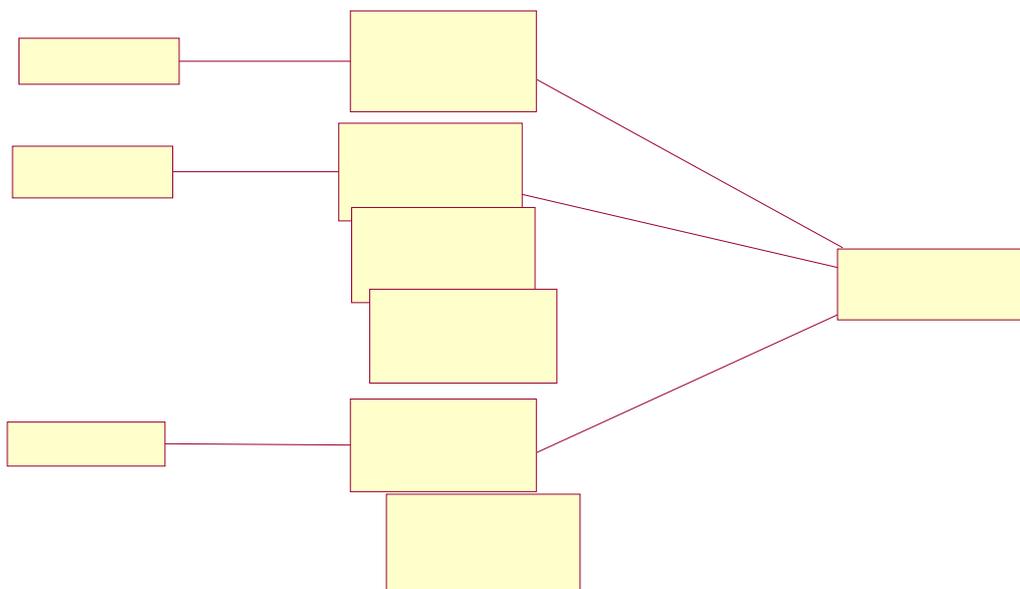


Figure 7-30. Un exemple d'instance du paramètre sur différents projets

Au cours du processus de conception, le versionnement des connaissances est focalisé sur des versions de valeurs de paramètres issues d'un même processus de conception. Le modèle conceptuel, figure 7-30, montre que chaque paramètre peut avoir des valeurs lorsqu'il est

instancié à un projet donné. Les valeurs de paramètres peuvent être versionnés au cours de l'exécution d'un processus de conception collaboratif, en fonction des modifications qu'elles peuvent avoir lors de leurs échanges entre les différents acteurs intéressés par ce paramètre. Les versions doivent porter le label du projet car elles sont des versions d'instance de paramètre résultant d'une instance de tâche appartenant au processus de conception de ce projet. Elles seront sauvegardées dans une base de données propre au projet (référentiel de connaissances de projet), pour tracer l'historique de son exécution. L'ensemble des référentiels de projets constitue la bibliothèque de projets.

4.2. VERSIONS DE PROCESSUS DE CONCEPTION

Les instances de tâches (version de processus de conception) sont associées aux instances de paramètres (versions de connaissances). En effet, si une tâche doit être refaite, obligatoirement, ses sorties (paramètres) vont être modifiés. Donc la création d'une nouvelle instance de tâche crée une nouvelle instance de paramètres de sortie de la tâche. La modification d'une valeur de paramètre sur un projet donné implique que les tâches dont ce paramètre est en entrée soient à redéroulées. Donc la création d'une nouvelle instance de paramètre implique la création d'une nouvelle instance de toutes les tâches dont ce paramètre est en entrée. Nous présentons ci-dessous un exemple d'instance de tâche (choix d'un fluide frigorigène) figure 7-31.

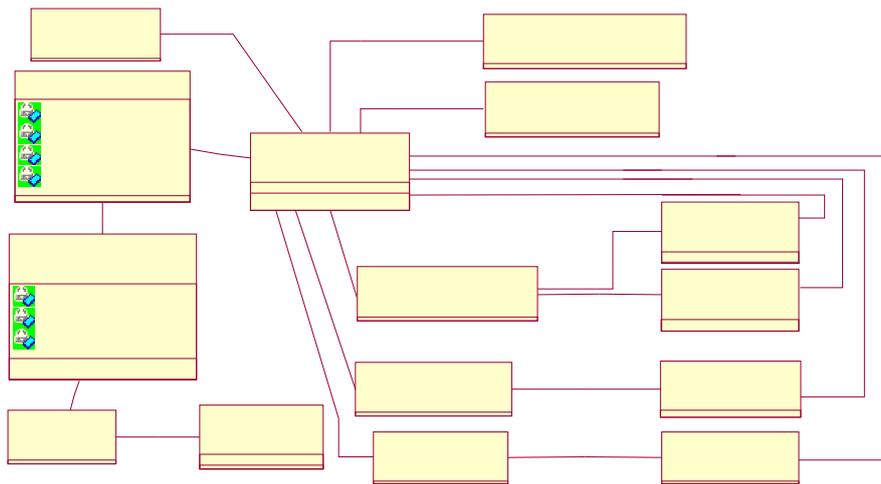


Figure 7-31. Instance de tâche et version de processus de conception

4.3. AGREGATION DES CONNAISSANCES

La figure 7-32 présente un scénario de versionnement et d'agrégation de connaissances relatif à un processus de conception de systèmes de climatisation automobile. Le projet 307 par exemple contient différentes plateformes (versions d'objet) (petite, petite avec vitres teintées, grande et grande avec vitres teintées). Si pour la version d'objet petite nous avons utilisé la version de connaissances V1 (version paramètre et processus de conception 'légende xls'). Cette dernière a évolué par la création des versions V1.1 et V1.2 relatives respectivement aux versions d'objet petite et vitre teint et grande. V1.2 à son tour a évolué au niveau du projet 407 par la création de la version V1.2.1.

La conception du système de climatisation relatif à la version d'objet du projet 307 grande et vitre teint, nécessite la réconciliation de certains éléments de connaissances à partir de V1.1 et V1.2. Ce mécanisme engendre l'apparition d'une nouvelle version V2 par agrégation de connaissance.

du climatiseur, nous avons illustré divers exemples de processus de dimensionnement des systèmes de climatisation, ce-ci a mis en relief la possibilité de versionner les processus de conception. En outre nous avons étudié la dynamique des connaissances au cours d'un processus de conception à travers les procédés de création, d'annotation et de modification des connaissances.

L'étude de cas est présentée en tant que modélisation objet (UML) du processus de conception, de dynamique d'échange et relations entre les acteurs, du versionnement des paramètres et du processus de conception, etc.

Sommaire chapitre 8

DISCOVER UN OUTIL DE CONCEPTION PAR LE VERSIONNEMENT DE CONNAISSANCES		172
I- FONCTIONNEMENT DE DISCOVER		172
1. RECUEILLIR LES ELEMENTS CONCERNANT LE PROCESSUS DE CONCEPTION		172
2. RECUEILLIR LES ELEMENTS CONCERNANT LE PRODUIT		172
3. REUTILISER LES CONNAISSANCES		172
3.1. CONSULTER LES TACHES DU PROCESSUS ET LEUR ETAT		172
3.2. CONSULTER LES PARAMETRES DU PRODUIT		172
3.3. ASSISTER LES ACTEURS DANS LE DEROULEMENT DU PROCESSUS		173
II- UTILISATEURS DE DISCOVER		173
1. DIALOGUE ENTRE DISCOVER ET SES ACTEURS		173
2. DIAGRAMME DE CONTEXTE DYNAMIQUE		174
III- DIAGRAMME DE CAS D'UTILISATION		175
1. DESCRIPTION DES CAS D'UTILISATION		175
2. DIAGRAMME DE CAS D'UTILISATION.		177
IV- REALISATION DE LA MAQUETTE NUMERIQUE		180
1. ENVIRONNEMENT DE PROGRAMMATION		180
2. STOCKAGE DES DONNEES		181
2.1. PASSAGE DU MODELE CLASSE AU MODELE RELATIONNEL		181
2.2. MODELE LOGIQUE DE DONNEES		182
3. REALISATION DE LA COUCHE APPLICATION		183
3.1. PRESENTATION DES FENETRES		183
3.2. DIAGRAMME D'ENCHAINEMENT DES MENUS		185
V- REALISATION DE LA COUCHE PRESENTATION		185

Chapitre 8 :

DISCOVER UN OUTIL DE CONCEPTION PAR LE VERSIONNEMENT DE CONNAISSANCES

I- FONCTIONNEMENT DE DISCOVER

DISCOVER (DeSIgn with KnOwledge VERsioning) propose une structure permettant de recueillir les connaissances relatives à la conception multi acteurs ainsi qu'au produit associé.

1. Recueillir les éléments concernant le processus de conception

La structure d'implémentation des connaissances du processus conception multi acteurs permettra de décrire l'enchaînement des tâches de conception (calcul, choix, validation...) et la coopération entre les acteurs. A chaque tâche seront associés :

- Des données d'entrée (paramètres...).
- Des données de sortie (paramètres...).
- Des connaissances pour réaliser la tâche (savoir faire, ressources...).
- Des retours d'expériences issus de projets antérieurs.
- Des contraintes.
- Des procédés de réalisation (feuilles de calcul EXCEL, ...).
- Un rôle (associé à un ou plusieurs acteurs) capables de réaliser la tâche.
- Un état actuel de la tâche (effectué, en cours, prête ou non faisable actuellement)

2. Recueillir les éléments concernant le produit

La structure d'accueil des connaissances du produit permettra de stocker tous les paramètres relatifs au processus de conception, concernant le produit.

3. Réutiliser les connaissances

F Pour la consultation des connaissances, le logiciel permettra à un acteur de :

3.1. CONSULTER LES TACHES DU PROCESSUS ET LEUR ETAT

Un acteur pourra consulter les tâches du processus de conception qui lui concerne (données d'entrée, données de sortie, connaissances associées....) ainsi que leurs états (prête, non faisable...).

3.2. CONSULTER LES PARAMETRES DU PRODUIT

Les acteurs ont besoins de disposer d'une base de données structurée commune partagée afin d'avoir à tout moment les paramètres nécessaires dans leur dernière version. L'intérêt

d'une base de paramètres commune est de pouvoir accéder en permanence sous condition de leur présence à des paramètres provenant d'autres acteurs.

Cette base de paramètres doit être structurée car l'acteur voudra connaître les paramètres relatifs à un projet particulier, à une fonction particulière, à un organe particulier.

Il pourra accéder aux paramètres de ses fonctions, de ses organes dont il est responsable puis directement aux paramètres qui lui sont nécessaires pour réaliser ses tâches ainsi que leurs résultats. Pour l'opérationnalisation des connaissances (dynamisation de connaissances), les méthodes traditionnelles obligeaient les concepteurs à se reporter à des guides de conception, notes internes, livres de connaissances, intranet pour les aider à réaliser une tâche et à prendre en compte le retour d'expériences des projets passés. Ici, on propose d'associer à chaque tâche les connaissances nécessaires à sa réalisation et accessibles par simple clic.

Un acteur pourra donc consulter pour un projet donné en cours ou terminé, il pourra également consulter les résultats obtenus lors de projets antérieurs (paramètres que le logiciel aura stocké par projet).

Le versionnement des connaissances permettra aux acteurs de garder une trace des modifications des paramètres.

3.3. ASSISTER LES ACTEURS DANS LE DEROULEMENT DU PROCESSUS

DISKOVER distribuera aux acteurs concernés ses tâches ainsi que leurs connaissances (avec contraintes et retour d'expériences) associées selon l'ordre chronologique établis par le déroulement du processus de conception. Il préviendra ainsi l'utilisateur concerné qu'il a une tâche à réaliser (tâche prête), l'acteur ouvre cette tâche, la réalise et valide ou lance son exécution si celle ci est réalisée par un logiciel externe (calcul sous EXCEL par exemple) pour enfin lire le résultat et valider.

Une tâche figurant dans l'agenda des tâches d'un acteur est mentionnée prête lorsque tous ses paramètres d'entrée sont définis et que ses conditions d'exécution et d'ordonnancement sont valides. Le résultat (sortie) des tâches revient toujours à l'acteur qui a déclenché cette tâche (calcul, demande de validation), il a l'exclusivité de la modifier.

II- UTILISATEURS DE DISKOVER

On distingue 3 types d'utilisateur :

- Les acteurs : les compétences qui réalisent les tâches (figure 8-1)
- L'administrateur : le responsable de projet et de processus de conception
- Les logiciels de calcul (Excel...)

1. Dialogue entre DISKOVER et ses acteurs

Le logiciel émet aux acteurs :

- La réponse aux requêtes de consultation des utilisateurs.
- Un signal « prête, non faisable » aux utilisateurs.
- Une assistance à l'administrateur pour modifier les modèles (rajouter tâches, projet...)

Le système reçoit des acteurs:

- Les requêtes de consultation (validation, annotation).
- Des réponses aux tâches (validation, enregistrer).
- Des modifications de tâche (ajout de ressources, contraintes...).

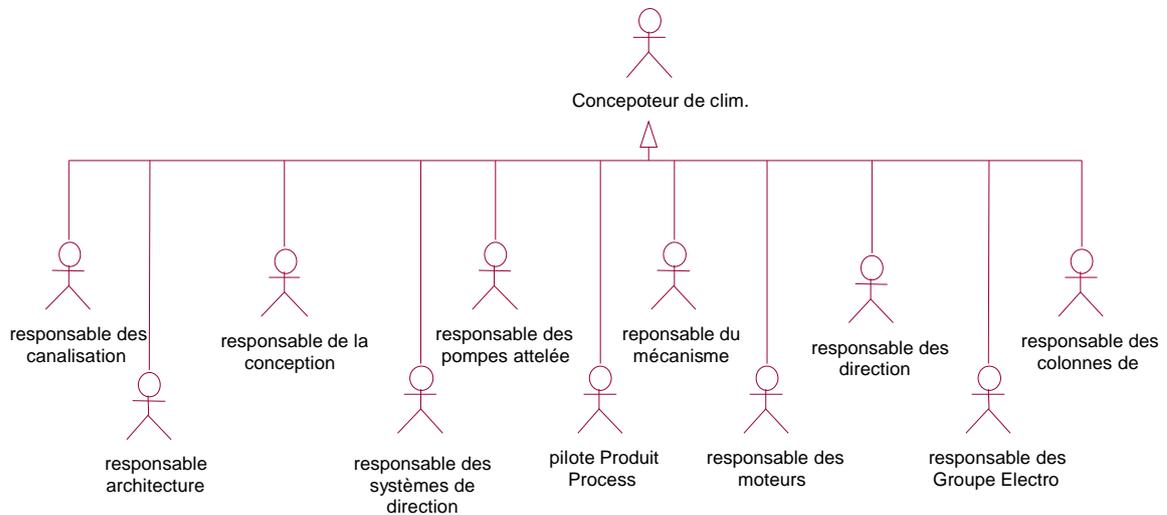


Figure 8-1. Généralisation des acteurs

2. Diagramme de contexte dynamique

Le diagramme figure 8-2 illustre le contexte dynamique d'échange d'information entre le logiciel et les acteurs.

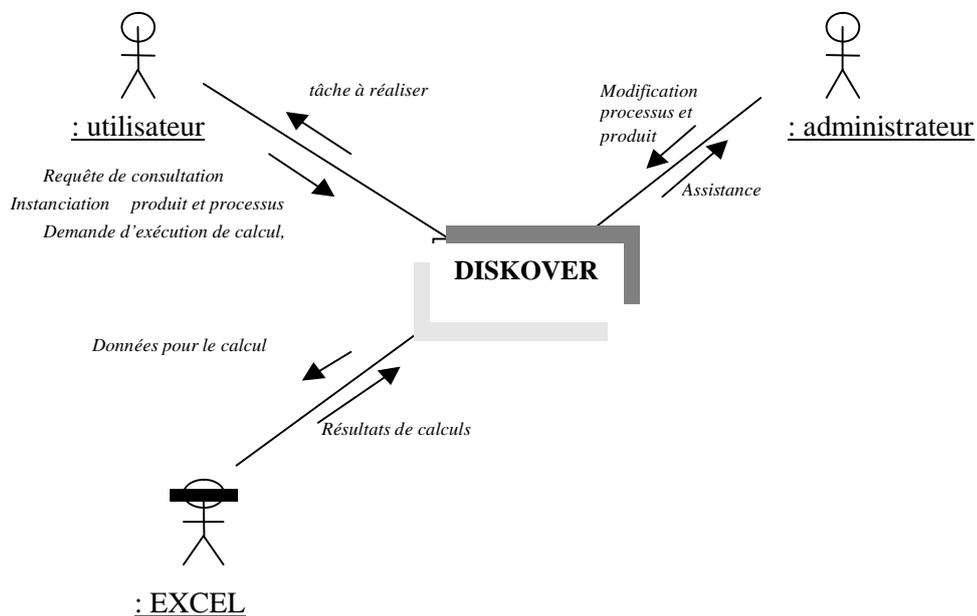


Figure 8-2. Diagramme de contexte dynamique

- Réponse aux requêtes de consultation : le logiciel répondra aux requêtes de consultation de l'utilisateur. La consultation est relative au produit et au processus de conception. Il s'agira donc des paramètres nécessaires aux acteurs, le contenu des tâches, les paramètres associés, le processus de conception, l'état des tâches, les connaissances associées aux tâches, les contraintes associées aux tâches, les entrées des tâches, les sorties des tâches, les ressources associées, le responsable de chaque tâche...

- Assistance à l'administrateur pour modifier les modèles (rajouter tâches...) : Le menu principal de l'administrateur comprendra un item « créer un nouveau processus ». S'il clique dessus, il sera guidé par le logiciel (rajouter une tâche, acteur, paramètre...) à l'aide de fenêtres associées au menu.
- Données pour le logiciel EXCEL : le logiciel devra communiquer avec EXCEL pour la réalisation des calculs. il devra alors « envoyer » à EXCEL les données (paramètres) nécessaires aux calculs.
- Requêtes de consultation : Les utilisateurs font des requêtes de consultation au logiciel.
- Réponses aux tâches (validation, paramètres) de la part des utilisateurs : Les utilisateurs consultent les tâches qu'ils ont à réaliser, les effectuent et mettre leur résultat à contribution du logiciel pour que celui-ci les classe...
- Modifications de tâche (ajout et modification de paramètres, connaissances, ...) : A tout moment, un utilisateur peut ajouter ou modifier un paramètre, une connaissance, une contrainte...le logiciel doit être prévenu de ces modifications
- Création de partie de produit ou de processus : A tout moment, un utilisateur peut ajouter ou modifier le processus ou le produit... le logiciel doit être prévenu de ces modifications.

III- DIAGRAMME DE CAS D'UTILISATION

Le cas d'utilisation décrit l'interaction entre un acteur et le système. Il constitue un moyen pour recueillir et décrire les besoins des acteurs du système.

Pour identifier les cas d'utilisation, il faut identifier les acteurs, qui sont les utilisateurs du système qui communiquent et interagissent avec les cas d'utilisation par l'envoi des messages et l'échange des données dans les deux sens. Ensuite, il faut trouver, pour chaque acteur, les fonctions dont il a besoin du système qui est le domaine d'étude. Enfin, il faut identifier les informations entrantes et sortantes du système.

1. Description des cas d'utilisation

- *Implémenter le modèle processus :*
 - ú Intention : Implémenter dans le logiciel après l'avoir formaliser un processus de conception pour le réutiliser puis le re-exécuter. Il s'agit de décrire l'enchaînement des tâches avec les acteurs, leurs données d'entrée, leurs données de sortie, leurs connaissances, leurs contraintes puis leurs ressources.
 - ú Actions : créer les tâches du processus avec les éléments associés à ces tâches.
- *Implémenter le modèle produit :*
 - ú Intention : Implémenter dans le logiciel après avoir formalisé le produit selon les décompositions fonctionnelles et organiques. Il s'agit d'identifier puis de structurer les paramètres du produit par rapport à ces organes ou à ses fonctions. Une fonction d'un produit est paramétrée par un jeu de paramètres qui sont propre à ses organes.

- ú Actions : créer la décomposition organique et fonctionnelle du produit et y associer les paramètres.
- *Consulter une tâche et ses connaissances :*
 - ú Intention : Un utilisateur pourra à tout moment savoir ce que contient une tâche pour l'exécuter et voir les connaissances et contraintes associées.
 - ú Actions : consultation d'une tâche et de ses connaissances.
- *Consulter un produit :*
 - ú Intention : Pour un projet donné, un utilisateur pourra à tout moment savoir ce que contient un produit, sa décomposition organique et fonctionnelle puis les paramètres associés afin de pouvoir lire un paramètre, rentrer ou modifier un paramètre, poser une contrainte, mettre une connaissance.
 - ú Actions : consulter le produit selon une approche fonctionnelle ou organique.
- *Dérouler le processus et rassembler les données nécessaires à la réalisation des tâches :*
 - ú Intention : Un utilisateur voudra être assisté dans le déroulement du processus de conception (re-conception) et connaître les tâches qu'il doit faire à un moment donné (agenda de tâche) et les informations (contraintes) qu'il doit mettre à contribution du processus pour que les autres acteurs puissent les prendre en compte.
 - ú Actions : Lancer un nouveau déroulement de processus .
- *Modifier les connaissances sur la tâche :*
 - ú Intention : Un utilisateur pourra à tout moment disposer d'une nouvelle connaissance intéressante pour une tâche, disposer de son propre retour d'expériences suite à la réalisation de cette même tâche sur un projet donné...Il voudra alors le capitaliser pour le réutiliser sur d'autres projets réutilisant le processus.
 - ú Actions : modifier, enrichir, enlever la connaissance sur une tâche
- *Modifier le processus :*
 - ú Intention : Un utilisateur pourra faire évoluer les modèles implémentés au départ à cause d'une nouvelle organisation, d'optimisation du processus.
 - ú Actions : rajouter une tâche ou modifier une tâche, rajouter un organe et les éléments associés.
- *Modifier le produit :*
 - ú Intention : Un utilisateur pourra faire évoluer les modèles implémentés au départ à cause de l'apparition d'une nouvelle technologie, de l'évolution des processus de conception...
 - ú Actions : modifier, enrichir, supprimer des éléments du produit.

2. Diagramme de cas d'utilisation.

Le diagramme des cas d'utilisation permet de représenter les différents scénarios présents que peuvent avoir les différents utilisateurs du système.

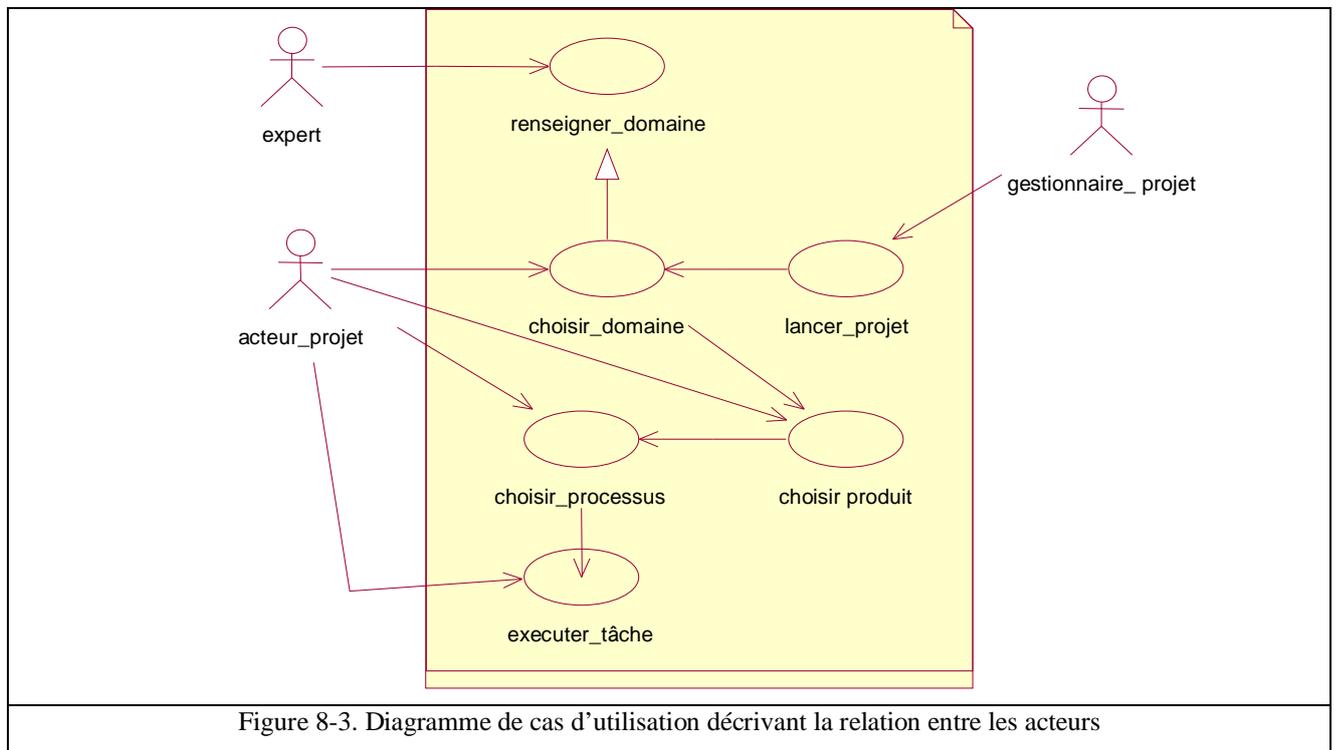


Figure 8-3. Diagramme de cas d'utilisation décrivant la relation entre les acteurs

Les acteurs seront classés en fonction de leurs rôles dans le processus de conception, au niveau des connaissances qu'ils vont utiliser. On distingue trois rôles pour l'utilisation des connaissances (figure 8-3), nous citons :

- L'acteur projet : le concepteur qui réalise les différentes tâches du processus de conception, (exemple ; concepteur des systèmes hydrauliques, des systèmes de climatisation, des systèmes de direction, des moteurs...).
- Le gestionnaire de projet (chef projet): l'acteur qui donne une vue d'ensemble sur l'avancement du projet.
- Les experts : les responsables qui interviennent au niveau du domaines.

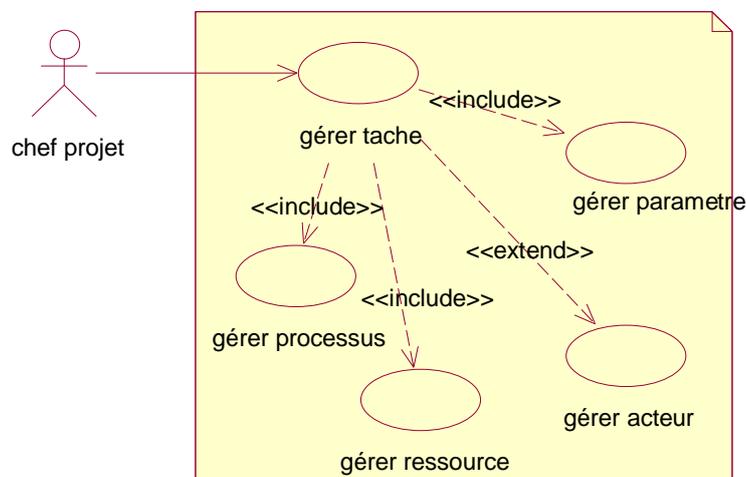


Figure 8-4. Cas d'utilisation ; Implémenter le modèle processus

Un processus est un ensemble de tâches câblées entre elles ou indépendantes. La description d'un processus, figure 8-4, est alors composée de tâches, paramètre d'entrée, paramètres de sortie, de connaissances sur la tâche, des ressources, des acteurs réalisant les tâches.

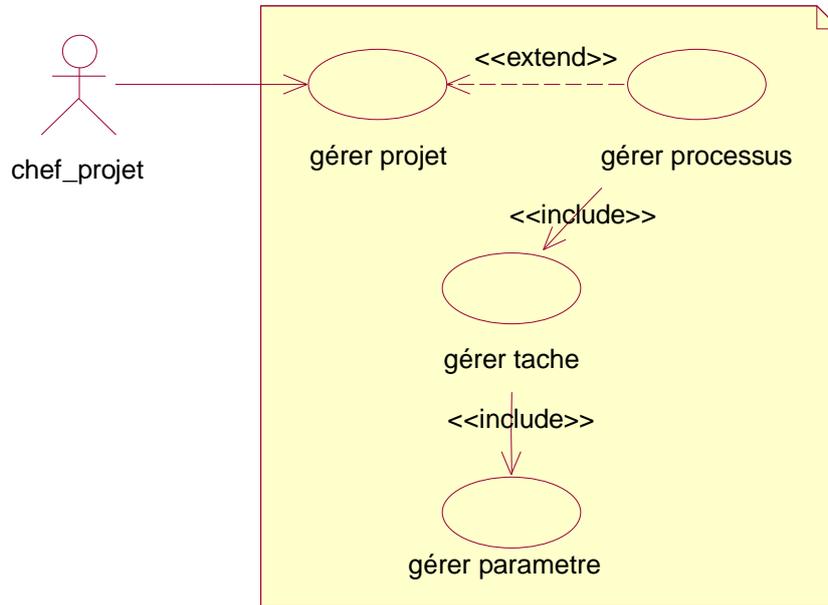


Figure 8-5. Cas d'utilisation ; gérer le projet

L'administrateur (chef projet) pourra à tous moment lancer un nouveau projet, c'est à dire re-dérouler le processus avec des nouvelles valeurs de paramètres relatives au nouveau projet, figure 8-5.

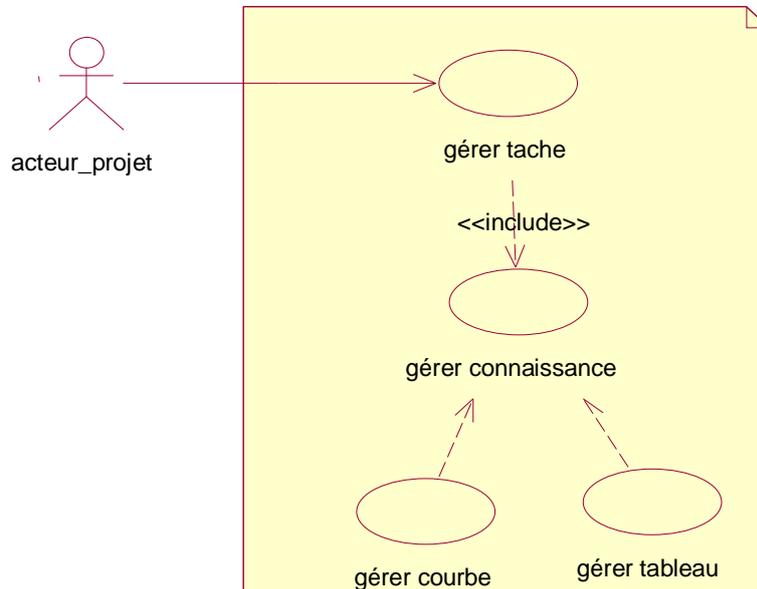


Figure 8-6. Cas d'utilisation ; Consulter une tâche et ses connaissances

A chaque fois que on consulte une tâche, on a la possibilité d'accéder à ses connaissances mises à disposition (ressources utiles pour exécuter cette tâche particulière : tableaux, formule, courbe....) voir figure 8-6.

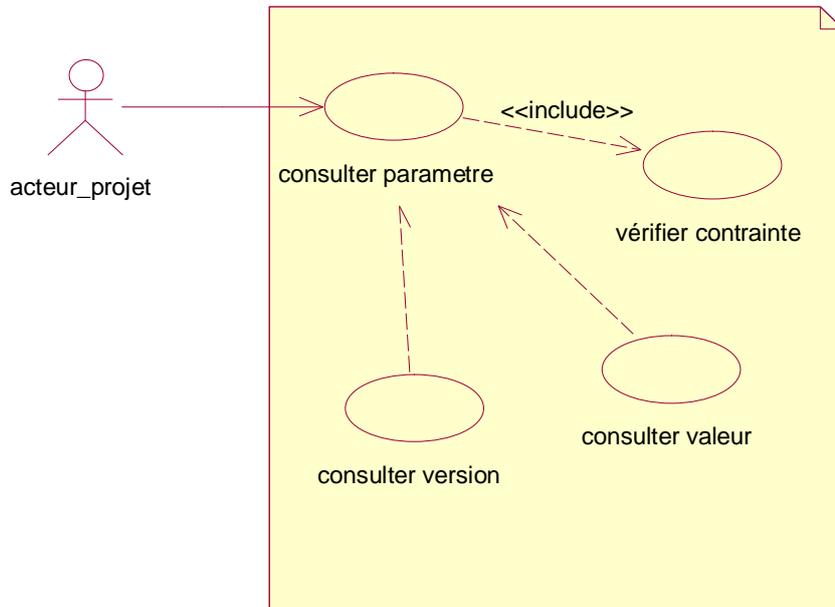


Figure 8-7. Cas d'utilisation ; gérer les paramètres

On peut consulter la table des paramètres à tous moment et sur n'importe quel projet et processus, figure 8-7. Ce sont les valeurs qui seront les plus intéressants mais on peut, par exemple, connaître la composition du produit, les tâches dont un paramètre est en entrée ou en sortie, les différentes instances de paramètre et les différentes versions.

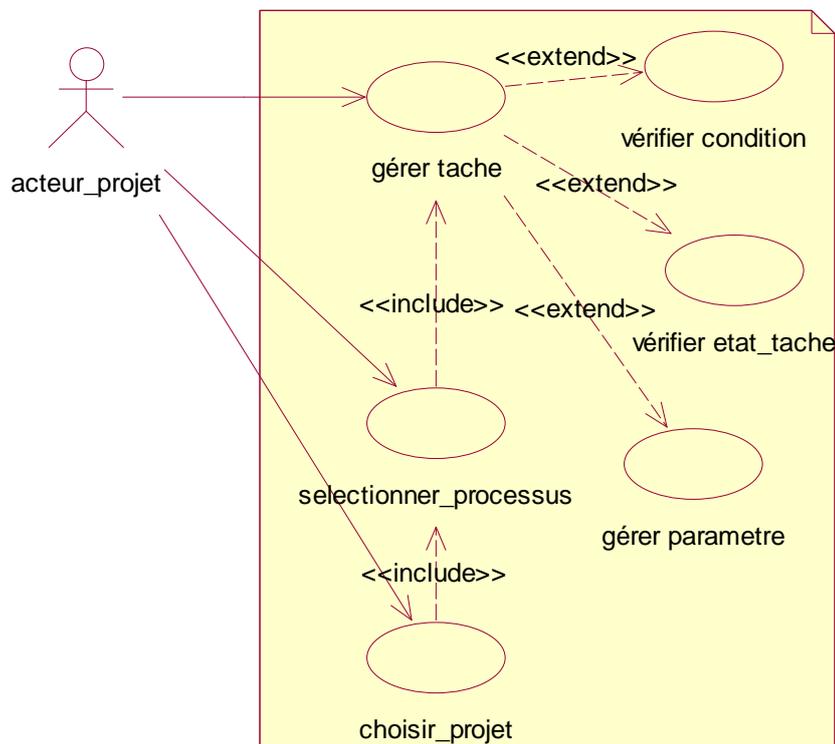


Figure 8-8. Cas d'utilisation ; gérer les tâches

Chaque tâche ne peut être exécuté que si les conditions d'exécution et d'ordonnancement seront valides (figure 8-8), de plus certaines connaissances propres doivent être à disposition (ressources utiles pour exécuter cette tâche particulière : formule,

tableaux...). Autres conditions nécessaires pour la réalisation de cette tâche est de trouver les compétences (acteurs) qui peuvent l'assurer.

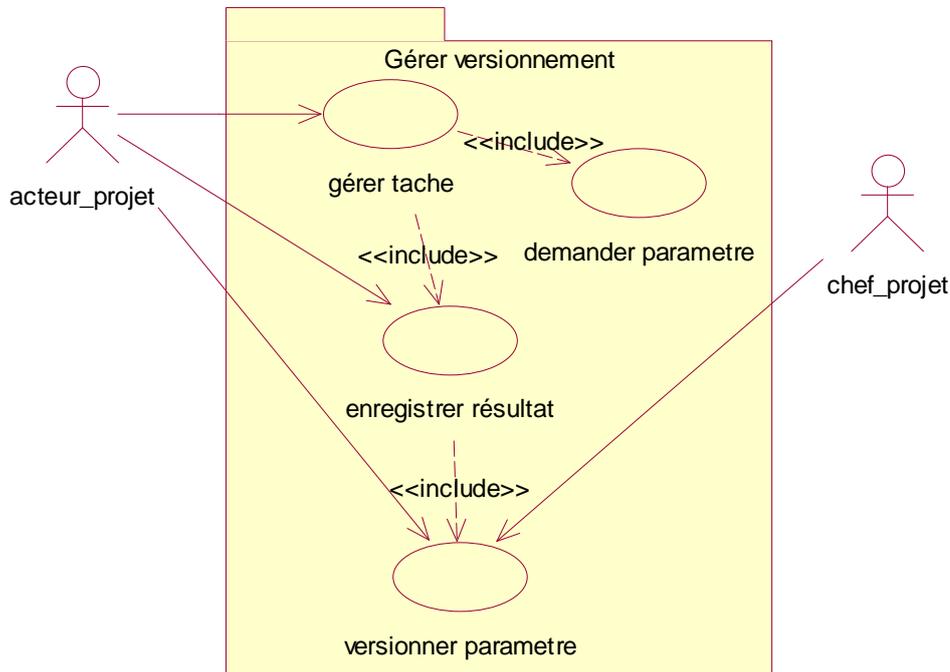


Figure 8-9. Cas d'utilisation ; gérer le versionnement

A chaque fois que le concepteur remplit ou modifie sa fiche il doit cliquer sur le bouton exécuter. Le système effectue le calcul correspondant à cette tâche. En cliquant sur le bouton résultat, l'acteur donne l'ordre au système de visualiser la fiche des résultats correspondante à l'instance de la tâche en cours. En cliquant sur enregistrer, le concepteur donne l'ordre au système d'enregistrer les résultats sous une version bien déterminée et d'envoyer les valeurs des paramètres de sortie à ceux dont ils ont besoin, figure 8-9.

IV- REALISATION DE LA MAQUETTE NUMERIQUE

1. Environnement de programmation

La maquette numérique de DISKOVER est conçue sur un environnement WinDev. WinDev un outil de développement complet qui intègre tous les outils nécessaires au cycle de réalisation d'une application, il représente un environnement de développement plus rapide et plus simple pour créer des applications tournantes sous le système d'exploitation Windows en cherchant l'amélioration de l'interface Homme-Machine.

Il est composé de :

- Gestionnaire de fenêtre (IHM),
- Gestionnaire de menus,
- Gestionnaire fichiers,
- Gestionnaire de requêtes,
- Gestionnaire de d'états imprimés,
- Editeur de code source et débogueur.

Le format Hyper File est le Format de bases de données fourni avec WinDev, il s'agit d'un SGBD relationnel.

Une application est un projet ou un ensemble de projets (programme exécutable) qui peut utiliser une base de données. Cette base est, à son tour, un ensemble des fichiers (ou tables) sur lesquels vont être faites des opérations de gestion des données : stockage, extraction, mise à jour, consultation de données,...

Pour travailler sur une base de données, il faut décrire les fichiers constituant la base. L'ensemble de la description est appelée « analyse ». L'analyse regroupe les descriptions des fichiers de données, leurs relations, les contraintes d'intégrité.

W_Langage (Langage de WinDev) est un langage simple, ouvert en particulier sur les bases de données ce qui permet l'utilisation de Microsoft Access pour l'implémentation de la base de données, ORACLE pour la création des requêtes ainsi que Microsoft Excel pour les calculs et Microsoft Word pour la partie documentation. Le W-Langage est orienté objet, en effet :

- il supporte les objets.
- les objets ont une classe associée.
- les classes peuvent hériter d'attributs venant de "super classes".

WinDev peut gérer différents formats de base de données, les plus courantes sont :

- Hyper File : Système de base de données intégrés à WinDev et livré en standard.
- AS/400, Access, SyBase,...
- Oracle, SQL Server, MySQL, xBase,...
- Toute base accessible en langage SQL sous Windows
- Texte (fichiers ASCII).

2. Stockage des données

2.1. PASSAGE DU MODELE CLASSE AU MODELE RELATIONNEL

Les différents types de liens rencontrés dans le modèle objet sont soit des simples associations, soit des liens d'agrégation soit des liens d'héritage.

Par la suite on explique l'implémentation relationnelle de quelques types avec un exemple.

- **Lien simple :**

∅ Association de type : 0..1 , 0..* ou 0..1 , 1..* ou 1..1 , 0..* ou 1..1 , 1..*

Dans ce lien d'association, chaque classe se transforme en une table dont la clé primaire est l'identifiant de cette même classe. La clé primaire de l'inférieur hiérarchique va migrer vers le supérieur hiérarchique et devient une clé étrangère dans cette table. La figure 8-10 présente un exemple de ce type de liens.

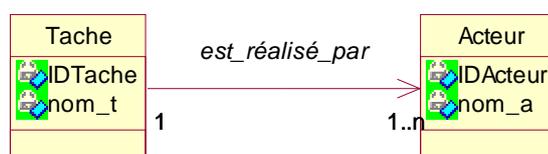


Figure 8-10. Exemple de lien d'association «est réalisé par»

∅ Association de type : 0..*, 0..* ou 0..*, 1..* ou 1..*, 1..*



Figure 8-11. Exemple de lien d'association «appartient»

Dans ce lien d'association, chaque classe se transforme en une table dont la clé primaire est l'identifiant de cette même classe. De plus l'association se transforme en une table dont la clé primaire est l'ensemble des identifiants des classes participantes, figure 8-11.

- **Lien réflexif :**

Ce type de lien d'association présente la décomposition d'une classe en sous classes, il est modélisé comme le montre la figure 8-12.

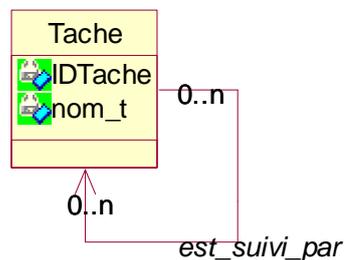


Figure 8-12. Exemple de lien de réflexion

2.2. MODELE LOGIQUE DE DONNEES

La figure 8-13 illustre les différentes tables du modèle logique de donnée. On distingue :

- Table TACHE (IDTache, nom_t, fonction_t, niveau, IDActeur#, IDParametre#, IDCondition_ordonnance#, IDCondition_execution#)
- Table ACTEUR (IDActeur, nom_a, login_a, passwd, role_act)
- Table PARAMETRE (IDParametre, description_par, version, valeur, date_mod, raison_mod)
- Table PROCESSUS (IDProcessus, nom_p, description_p, IDProjet#)
- Table PROJET (IDProjet, nom_p)
- Table APPARTIENT (#IDProcessus,# IDProjet)
- Table RESSOURCE (IDRessource, contenue, add_date, #IDTache)
- Table CONDITION_EXECUTION (IDCondition_execution, nom_cond_esec, description_cond_exec)
- Table CONDITION_ORDONNANCE (IDCondition_ordonnance, nom_cond_ord, description_cond_exec)
- Table A_POUR_ENTREE (#IDTache, #IDParametre)
- Table A_POUR_SORTIE (#IDTache, #IDParametre)

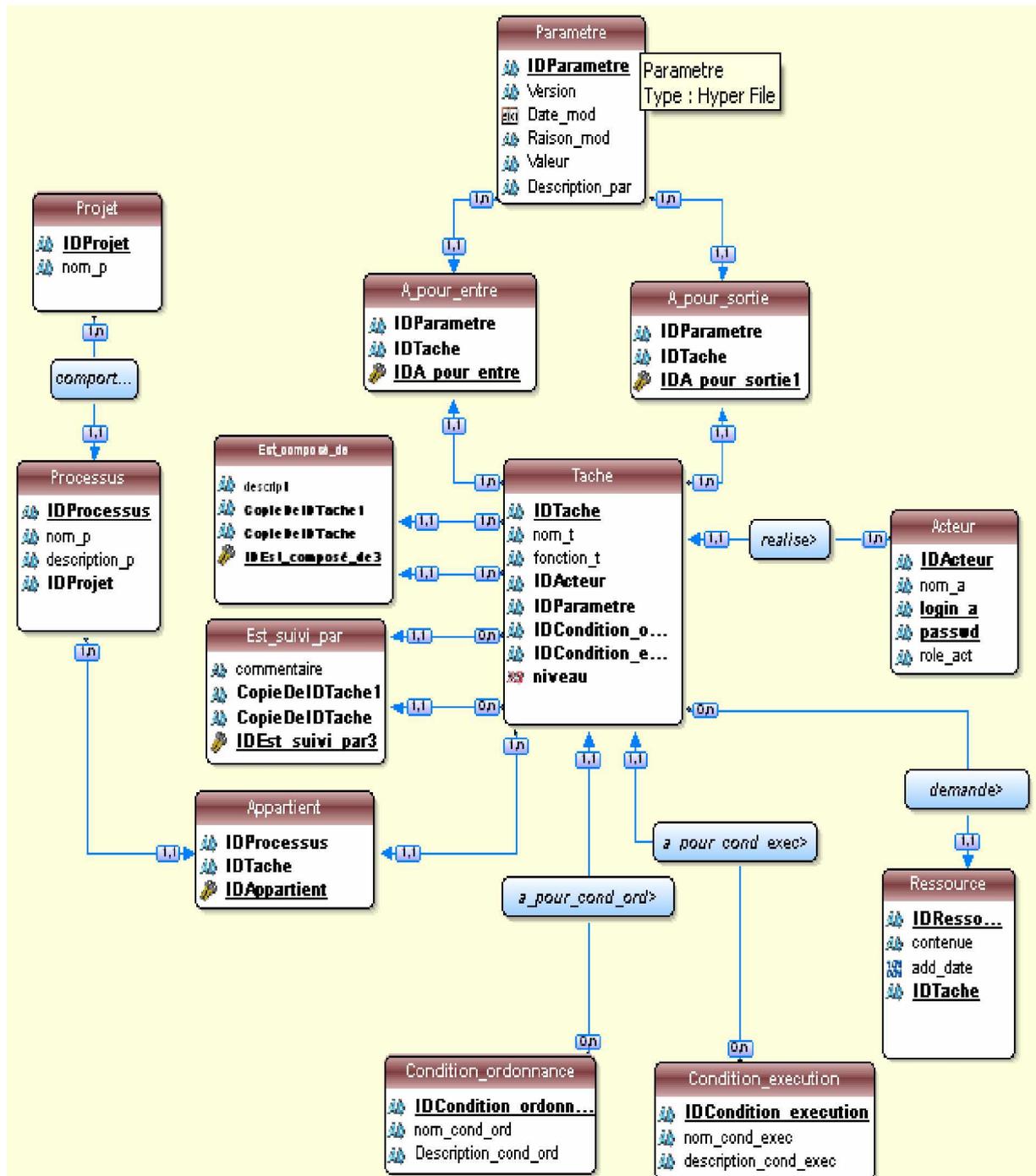


Figure 8-13. Modèle logique de données

3. Réalisation de la couche application

3.1. PRESENTATION DES FENETRES

Fenêtre	Table(s) mise(s) en oeuvre	Rôle
Menu	-	le menu qui permet à l'administrateur d'accéder aux différents écrans de l'application.
Accueil	-	Permet à l'administrateur et aux acteurs de se connecter au logiciel

Admin	-	Assure l'authentification de l'administrateur à travers un mot de passe.
authentification	ACTEUR	Permet aux différents acteurs de se connecter à travers un login et un mot de passe.
Fenêtre_Acteur	ACTEUR, TACHE	Affiche les informations concernant l'acteur ainsi que les différentes tâches, liées à un processus et un projet donné et qui lui sont associées.
Fen_Fiche_tâche	TACHE, RESSOURCE, ACTEUR, PARAMETRE, PROCESSUS, CONDITION_EXECUTION, CONDITION_ORDONNANCE, A_POUR_ENTRE, A_POUR_SORTIE, APPARTIENT	Décrit les différentes étapes pour exécuter une tâche. Chaque étape représente en fait une tâche élémentaire. Elle décrit les paramètres et les ressources pour qu'elle soit exécutable.
Fenêtre_résultat	A_POUR_ENTRE, A_POUR_SORTIE, PARAMETRE	donne l'ordre au système d'enregistrer les résultats sous une version bien déterminée et d'envoyer les valeurs des paramètres de sortie à ceux dont ils ont besoin
Table_tâche	TACHE	Donne la liste de toutes les tâches
Modifier_tâche	TACHE	Modifier les attributs de la tâche
Ajouter_tâche	TACHE, A_POUR_ENTRE, A_POUR_SORTIE, APPARTIENT	Ajouter une tâche
Supprimer_tâche	TACHE	Permet de supprimer une tâche
Table_acteur	ACTEUR	Affiche les informations concernant les différentes compétences
Modifier_acteur	ACTEUR	Modifier les attributs de l'acteur
Ajouter_acteur	ACTEUR	Ajouter un acteur
Supprimer_acteur	ACTEUR	Permet de supprimer un acteur
Table_projet	PROJET	Affiche les informations concernant les différents projets
Ajouter_projet	PROJET	Ajouter un projet
Créer_processus	APPARTIENT, PROCESSUS	Ajouter des processus à un projet donné
Modifier_projet	PROJET	Modifier un projet
Supprimer_projet	PROJET	Permet de supprimer un projet
Table_paramètre	PARAMETRE	Permet d'identifier les différents paramètres qui rentrent en jeu pour les différents projets
Ajouter_Paramètre	PARAMETRE	Ajouter un paramètre
Modifier_Paramètre	PARAMETRE	Modifier un paramètre
Supprimer_Paramètre	PARAMETRE	Supprimer un paramètre
Version_Paramètre	PARAMETRE	Enregistrer la valeur du paramètre sous une version bien déterminée pour la réutiliser.

3.2. DIAGRAMME D'ENCHAINEMENT DES MENUS

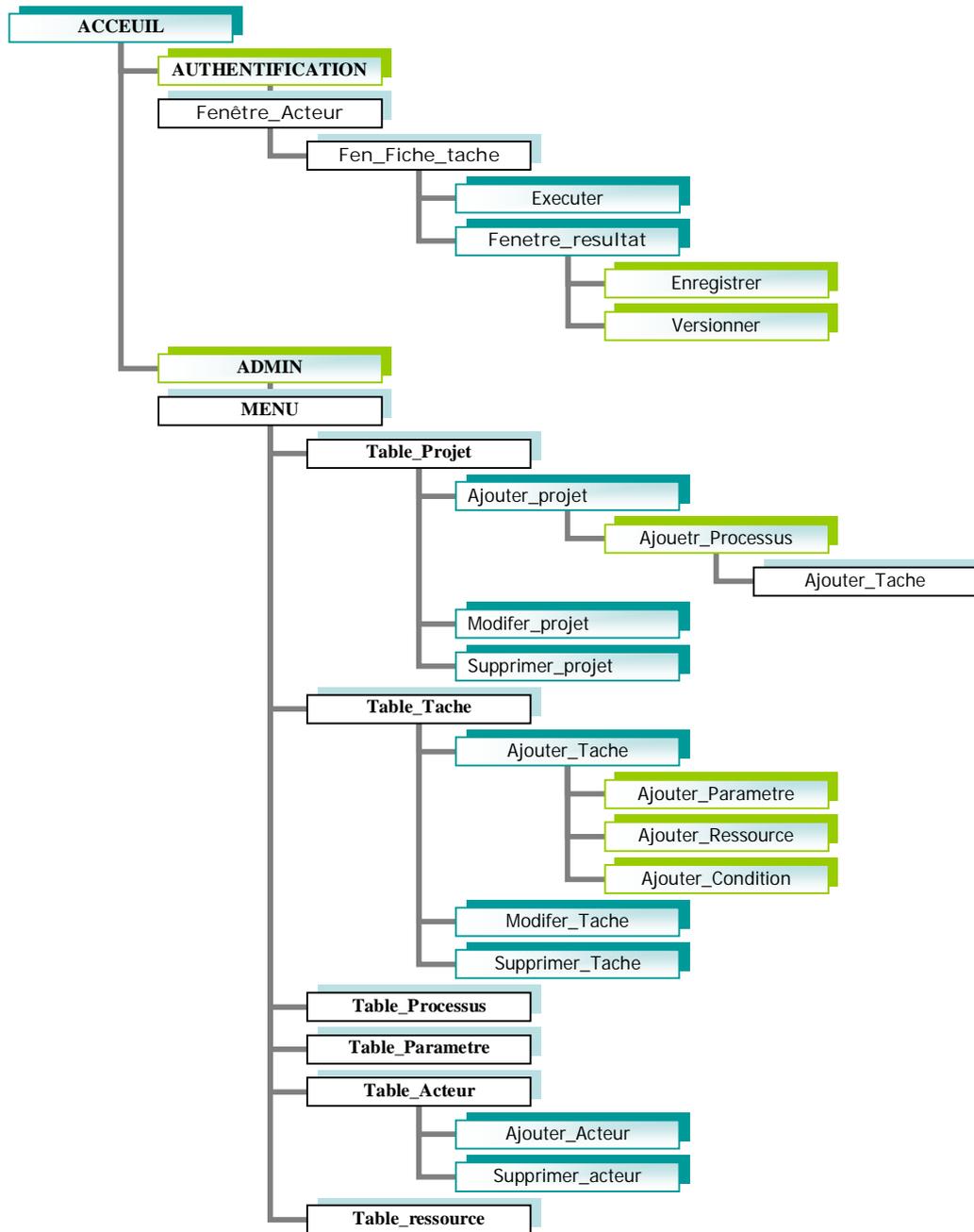


Figure 8-14. Diagramme d'enchaînement des menus

La figure 8-14 présente une arborescence de l'enchaînement des menus de la maquette informatique DISCOVER.

V- REALISATION DE LA COUCHE PRESENTATION

Pour valider notre démarche et pouvoir remplir les bases de donnée, nous avons essayé d'appliquer DISCOVER sur le domaine de la climatisation de voitures automobiles.

Le diagramme d'objets figure 8-15 présente une partie du processus de conception d'un système de climatisation de voitures automobiles, en particulier la tâche dimensionnement et choix d'une transmission par courroie.

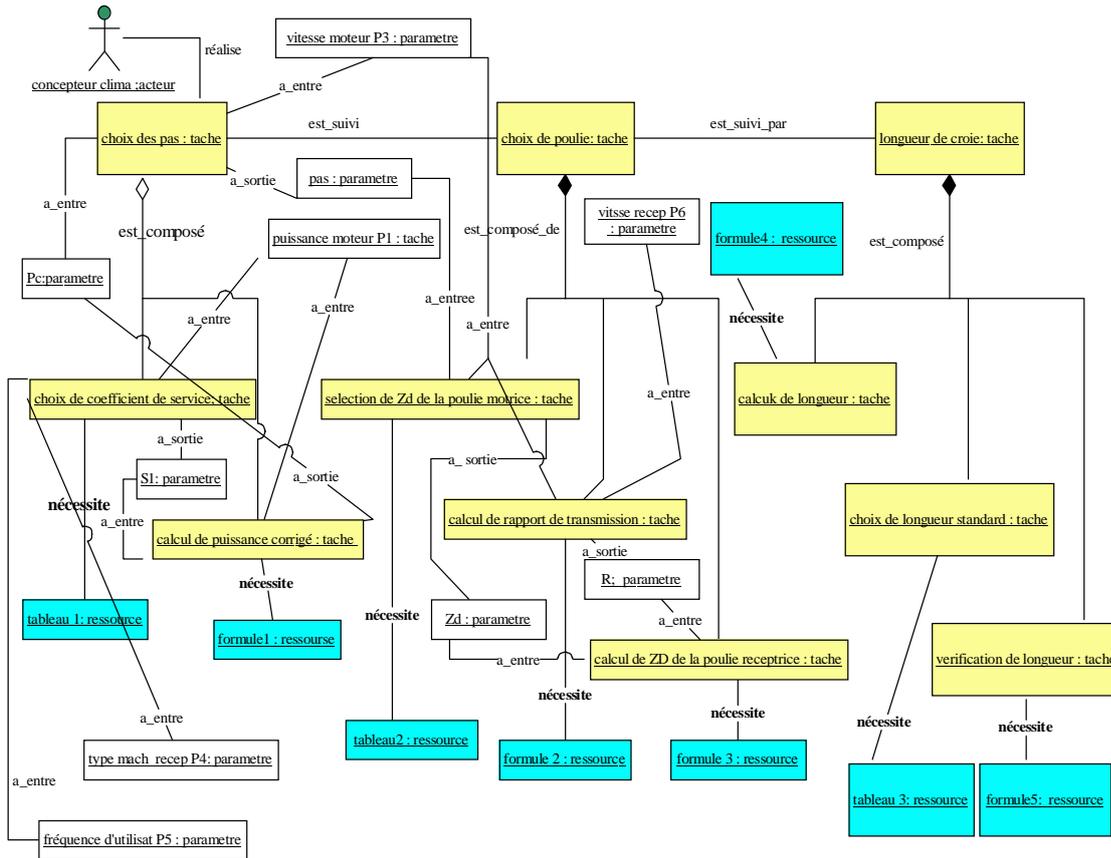
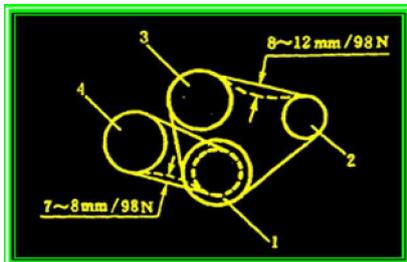


Figure 8-15. Diagramme objet d'un processus de dimensionnement et de choix d'une courroie



1. Poulie double gorge du vilebrequin
2. Poulie de la pompe
3. Poulie de l'alternateur
4. Poulie du compresseur

Figure ci contre: Ajustement de tension de courroie en v

Les fenêtres du logiciel sont :

- **Menu général**

L'IHM suivante (figure 8-16) représente la page d'accueil du logiciel. Cette page permet d'accéder soit à la session Administrateur, soit à la session Acteur.



Figure 8-16. Page d'accueil

- **Authentification**

Avant d'accéder au processus de conception, l'acteur doit s'identifier dans le système (figure 8-17) par un login et un mot de passe.

Figure 8-17. Identification de l'utilisateur

- **Fiche d'acteur**

Une fois identifié une page contenant les rubrique suivants s'affiche, L'acteur peut choisir une tâche à exécuter (prête) sur laquelle il va travailler, en cliquant sur la fenêtre déroulante et choisir une. A ce moment le bouton exécuter sera activé.

Identifiant de Tache	Nom de tache	Fonction_tache
tac001	tache1	choix de pas
tac002	tache2	choix des poules

Figure 8-18. Fiche Acteur

Si les conditions d'exécution de la tâche ne sont pas valides, la tâche devient non faisable (figure 8-18).

- **Fiche d'exécution de tâche**

La feuille d'exécution de la tâche doit porter comme entête le nom de la tâche, le code du projet et l'identifiant de l'acteur responsable. En outre elle doit permettre à l'acteur d'entrer les valeurs des paramètres externes (propres à la tâche : ne représente pas des paramètres de sortie d'autres tâches). Cette page permet aussi au concepteur de contacter les connaissances propres de la tâche, en autre terme les ressources de la tâche (tableaux, images,...) (figure 8-19).

Figure 8-19. Fiche de tâche

- **Fiche résultat**

En cliquant sur le bouton résultat, l'acteur donne l'ordre au système de visualiser la fiche des résultats correspondante à l'instance de la tâche en cours (figure 8-20).

- **Fiche version**

En cliquant sur enregistrer, le concepteur donne l'ordre au système d'enregistrer les résultats sous une version bien déterminée et d'envoyer les valeurs des paramètres de sortie aux acteurs dont ils ont besoin. Si les valeurs sont déjà stockées dans la base, le logiciel envoie un message à l'acteur concerné lui indiquant que ces valeurs existent avec une version bien déterminée (Figure 8-21).



Figure 8-20. Fiche résultat de tâche



Figure 8-21. Fiche version de paramètre

- **Session administrateur**

L'administrateur (Membre de l'équipe de conception) peut donner les droits à n'importe quel acteur. Dans l'IHM suivante (figure 8-22), c'est lui qui accède au menu, après identification, pour consulter les différents tables.

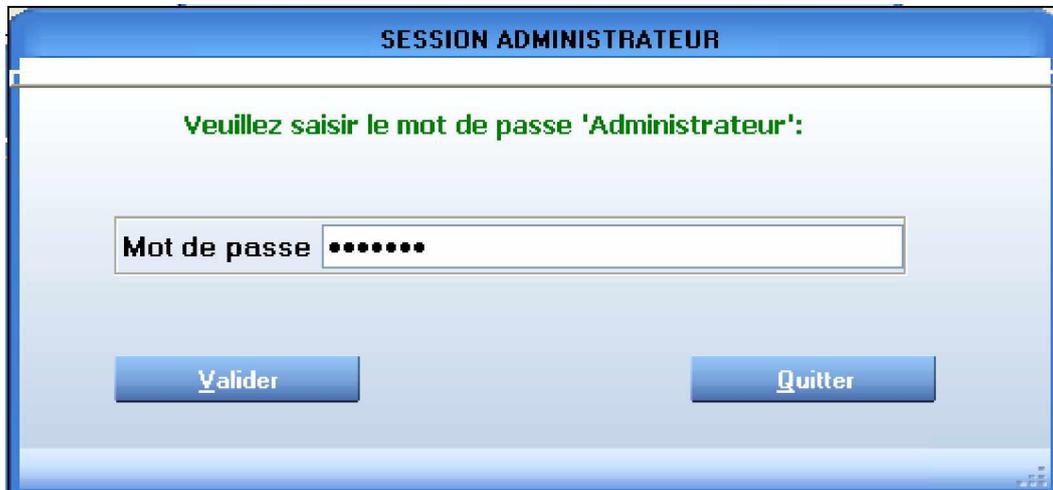


Figure 8-22. Authentification de l'administrateur

- **MENU**

Le menu permet à l'administrateur de rentrer pour consulter un projet, un processus, une tâche, un paramètre... (Figure 8-23)

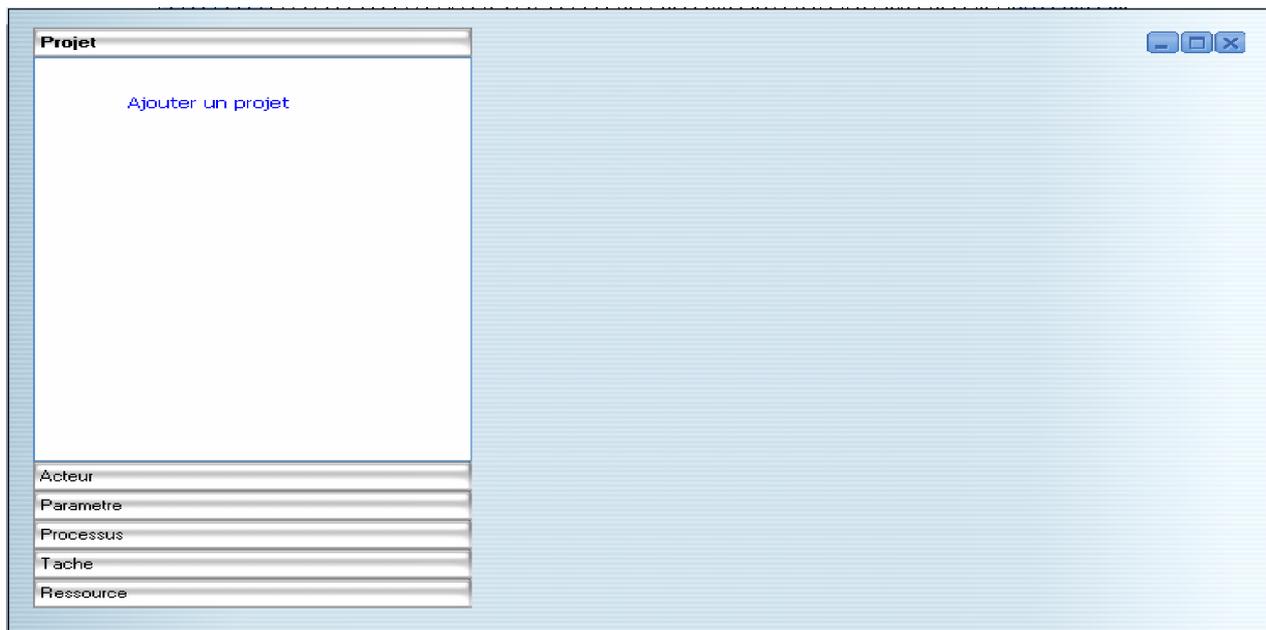


Figure 8-23. Menu

- **TABLE_PROJET**

Dans l'IHM suivante (figure 8-24), l'administrateur peut consulter les différentes tables :

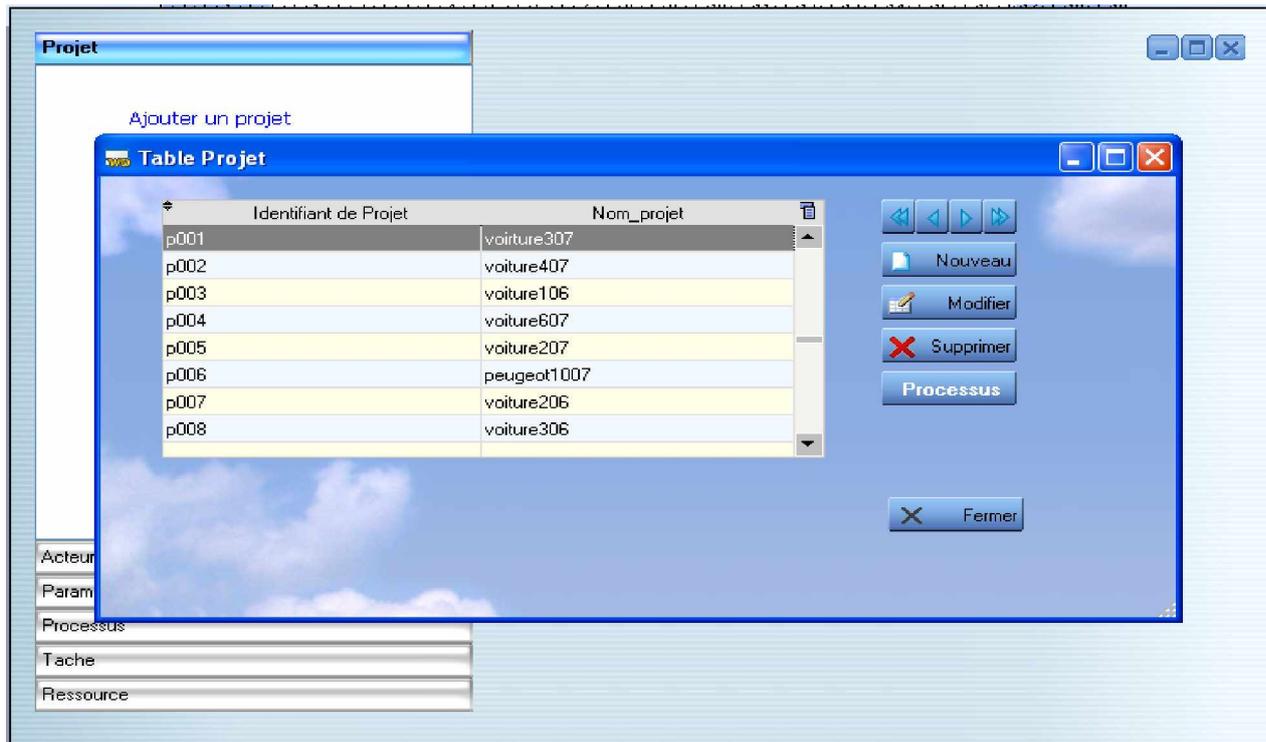


Figure 8-24. Table projet

- **TABLE PROCESSUS**

L'administrateur peut aussi attribuer des processus d'exécution pour une tâche donnée. Les processus (figure 8-25) sont des feuilles de calcul sur Excel pouvant à leur tour être versionnés en fonction de la nécessité (calcul approfondis ou simplifié) ou à l'apparition de nouvelles techniques.

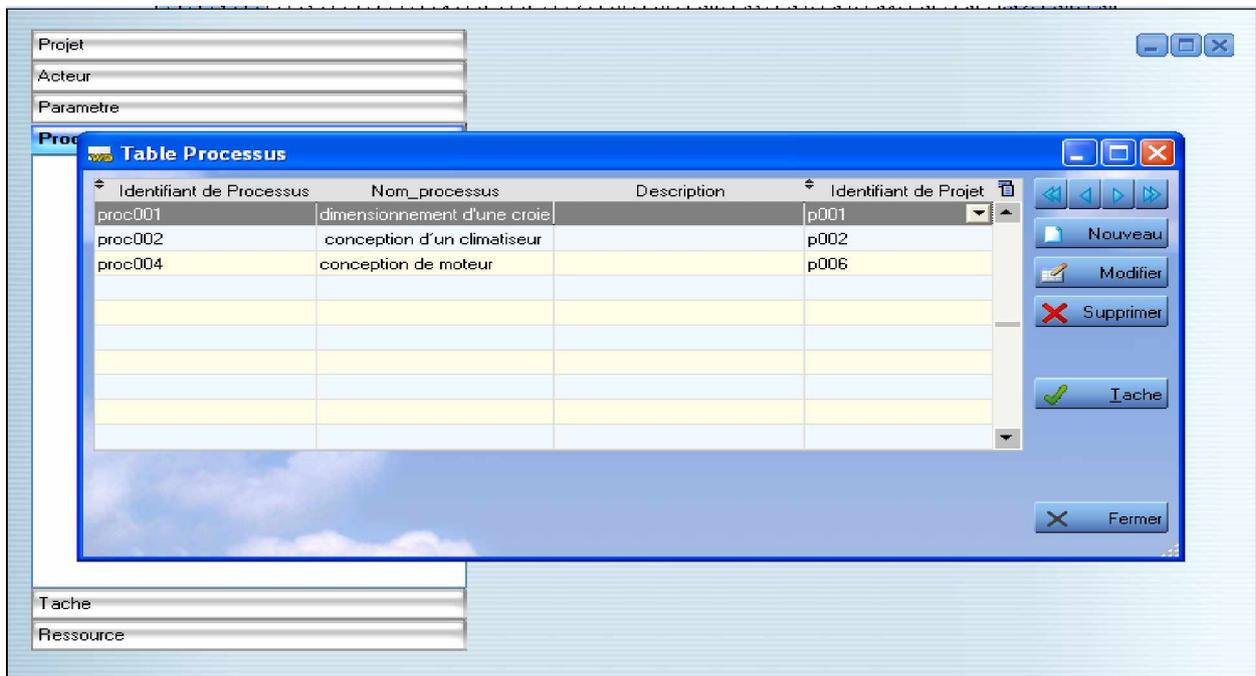


Figure 8-25. Table Processus

- **TABLE TACHE**

Si l'acteur choisit de visualiser les tâches et leurs instances, il voit apparaître l'ensemble des tâches du processus de conception sur le projet choisi (figure 8-26).

Identifiant de Tache	Nom de tache	Fonction_tache	Identifiant de Acteur	Identifiant de Parametre	Condition_ordonnar
tac001	tache1	choix de pas	act001		
tac002	tache2	choix des poulies	act001		
tac003	tache3	longueur de courroie	act002		
tac004	tache1.1	choix des coefficient de	act001		
tac005	tache1.2	calcul de puissance co	act001		
tac006	tache2.1	calcul de Zd de la poul	act001		
tac007	tache2.2	calcul de rapport de tra	act001		
tac008	tache2.3	calcul de ZD de la pou	act001		
tac009	tache3.1	calcul de longueur	act002		
tac010	tache3.2	choix de longueur stan	act002		
tac011	tache4	largeur de courroie	act002		

Figure 8-26. Table Tache

- **TABLE PARAMETRE**

Si l'acteur choisit de consulter les paramètres par article, il voit apparaître les paramètres du projet et l'attribut de leurs instances (figure 8-27).

Identifiant de Parametre	Version	Date de modification	Raison de modification	Valeur	Description_par
CC	1.00			200	code de courroie
CS	1.00			2.2	coefficient de servic
DG	1.00			242.5	diametre grand poul
DP	1.00			84.89	diametre petite pouli
EX	1.00			355.8729043	entraxe exacte
LA	1.00			2"	largeur de courroie
LD	1.00			1220	longueur de courroie
MR	1.00			0	type machine recep
PAS	1.00			H	pas
PC	1.00			16940	puissance corrigé
PN	1.00			7700	puissance nominale
RT	1.00			2.827586206	rapport de transmiss
VN	1.00			4100	vitesse nominale
ZM	1.00			21	nbre de dents de la

Figure 8-27. Table Paramètre

Conclusion

Les méthodes de développement de produits ont radicalement évolué ces dernières années d'une part sous l'impulsion du développement des technologies numériques, d'autre part sous l'influence du marché mondialisé. Les méthodes et les outils de l'ingénierie concurrente sont intégrés de plus en plus dans les organisations industrielles, tel que le cas de l'industrie automobile, dans le but de réduire les coûts et les délais. L'ingénierie concurrente se base sur l'exécution simultanée des différentes tâches d'un projet, ce qui implique la contribution de plusieurs acteurs en même temps. Cette approche est contrainte par les mécanismes de partage, l'interaction et la complémentarité dynamique des tâches. La capitalisation des connaissances dans les processus d'ingénierie considère les connaissances utilisées et produites comme un ensemble de richesses constituant un capital apte à être actualisé et partagé entre les acteurs d'un projet dans l'objectif d'augmenter la valeur de ce capital. Dans ce contexte, le cadre méthodologique de l'ingénierie système doit de se doter d'outils visant à la capitalisation et à la réutilisation des connaissances manipulées au cours des projets.

En conception, le domaine des connaissances est continuellement modifié par des acteurs différents, ce qui implique que sur le référentiel général de connaissances à travers l'apparition de nouvelles connaissances et les modifications sur les anciennes. Pour résoudre le problème de diversité de connaissances, nous avons proposé d'étudier les versions de connaissances. Cependant, sur ce créneau, l'analyse sémantique exige des outils informatiques pour comprendre la structure et le lexique des connaissances, de ce fait rendre leur implication explicite (vérification) et détecter les éventuelles contradictions (validation).

Pour étudier les mécanismes de versionnement des modèles de connaissances, nous allons nous baser sur la nouvelle théorie de la conception dite théorie C-K. Cette théorie s'appuie sur la distinction entre l'espace des concepts et l'espace des connaissances. Elle stipule que la conception oscille d'un espace à l'autre en co-construisant le produit et les connaissances qui le supportent. C'est une fonctionnalité critique dans ce cadre de traiter le versionnement et la gestion des connaissances multiples. Pour pallier ces problématiques, nous avons proposé un mécanisme permettant d'exprimer des règles d'évolution et de définir et gérer des stratégies d'évolution.

L'étude a conduit au développement d'une maquette informatique appelée «DISCOVER» (DeSign with KnOwledge VERsioning). Le modèle affiné y est implémenté afin de permettre son "remplissage" avec des connaissances, informations et données d'un domaine particulier (par exemple : la conception des systèmes de climatisation dans notre cas d'application). Le prototype informatique permet sa consultation et sa mise à jour.

L'idée d'agrèger toutes les données, informations et connaissances aux tâches routinières et de distribuer ces dernières, avec tous les éléments qui y sont rattachés, au fur et à mesure du déroulement « informatisé » du processus de conception, a beaucoup intéressé les concepteurs. L'aspect déroulement informatisé a été jugé avant-gardiste dans une ère où les concepteurs deviennent juste matures sur le fait d'admettre que l'on peut formaliser leur activité. Cependant le caractère « non intrusif », par rapport à l'activité de conception, de l'outil informatique DISCOVER permet de supporter les activités des concepteurs.

Ce travail a le mérite d'avoir su rapprocher plusieurs disciplines telles que la gestion des connaissances, la gestion des informations, la modélisation des processus, la gestion de projet, le re-engineering, les systèmes d'aide à la conception et les nouvelles méthodes de développement de produit. L'étude a permis d'architecturer, d'un point de vue fonctionnel, le système d'information et de connaissance pour la conception produit processus.

Perspectives

Les perspectives à cette étude sont d'appliquer les concepts proposés à d'autres conceptions de produits puis de mettre en usage l'outil informatique (nouvel outil développé selon les spécifications fonctionnelles proposées tout en respectant les contraintes d'architecture technique informatique de l'entreprise dans lequel il peut être intégré) afin d'enrichir et de valider notre approche sur plusieurs cas.

La conception produit/processus est également un des concepts porteurs de l'entreprise. Il faudrait alors appliquer une approche similaire à celle de l'étude à la conception processus. Les concepts de l'étude étant basés sur une approche systémique, il faudrait donc étudier ce qu'il faut rajouter à DISCOVER pour prendre en compte la conception du processus puis enfin la coupler avec la conception du produit (on pourrait alors parler de conception imbriquée du produit et du processus).

Les résultats de l'étude, de part leur approche systémique, peuvent être étendus à tout le développement de produit. L'idée est d'enrichir les concepts de l'étude afin que toutes les tâches « répétitives » de l'entreprise ainsi que les informations et connaissances associées, depuis les études marketing jusqu'à la livraison du produit, puissent être gérées par DISCOVER.

- [Ahmed-Nacer, 1994] M. Ahmed-Nacer. Un modèle de gestion et d'évolution de schéma. Thèse INPG, Grenoble, Juillet 94.
- [Banerjee et al. 1987] Banerjee, J., Kim, W., Kim, H. J., and Korth, H. F., Semantics and Implementation of Schema Evolution in Object-Oriented Databases. In: Proceedings of the ACM-SIGMOD Annual Conference, May 1987, pp 311-322.
- [Beech et al. 1988] D. Beech and B. Mahbod, "Generalized Version Control in an Object-Oriented database", IEEE Conference on Data Engineering, Los Angeles, CA 1988.
- [Bellosta et al. 1996] Bellosta, M.J., Wrembel, R., Jomier, G.: Management of schema versions and versions of schema instance in a multiversion database. Technical Report Verso Report number 99, INRIA Rocquencourt, France (1996)
- [Bekhti et al, 2003] Bekhti S., Matta N., Project memory: An approach of modelling and reusing the context and the de design rationale, Proceedings of IJCAI'03 (International joint of conferences of Artificial Intelligence) Workshop on knowledge management and organisational memory, Accapulco, 2003.
- [Bernstein, 1997] Bernstein, P.A. 1997. "Repositories and Object-Oriented Databases." In: Dittrich and Geppert (eds.) Datenbanksysteme in Büro, Technik und Wissenschaft (Proceedings of BTW Conference), Springer Verlag, Berlin.
- [Bidal et al. 2002] Bidal Christophe, Bordier Paul-Eric, Brethous Grégory, Caumes Sébastien ; « knowledge management, Dossier sur la Capitalisation de Connaissance » EPITA Promotion 2002
- [Bjomerstedt et al. 1989] A. Bjomerstedt, C. Hulten, "Version control in an object-oriented architecture", Object-oriented Concepts, Databases, and Applications, Edited by W. Kim, F.H. Lochovsky, By ACM 1989.
- [Bossard et al. 1997] P. Bossard, P. Leclair, C. Chanchevrier, "Ingénierie concourante : de la technique au social", Economica, Paris, 1997.
- [Bounaas, 1995] BOUNAAS Fethi, 'Gestion de l'évolution dans les bases de connaissances : une approche par les règles' Thèse INPG, Spécialité : Informatique, 11 Octobre 1995.
- [Breuker, 1987] Breuker Joost, Model Driven Knowledge Acquisition. Interpretation Models. Deleverable AI, Esprit Project 1098 Memo 1987, VF project Knowledge Acquisition in formals domains.
- [Breuker et al. 1994] Breuker J., Van de Velde W. : CommonKADS Library for Expertise Modelling., IOS Press, 1994.
- [Brookes et al. 1996] Brookes N and Backhouse C 1996 in Concurrent Engineering - What's working where, Gower, p.5.
- [Brown, 1998] D.C. Brown, Intelligent Computer Aided-Design, Encyclopedia of Computer Science and Technology, ed. Williams and Sochats, 1998.
- [Busby et al. 1999] Busby J.A. and Lloyd P.A., "Influences on Solution Search Processes in Design Organisations", Research in Engineering Design, Vol. 11, no. 3, 1999, pp. 158-171.
- [Carnduff et al. 1993] Carnduff, T. and Gray, A. Function materialization through object versioning in object-oriented databases, In Proc.of British National Conference on Databases (BNCOD11), Springer -Verlag, pages 111--128, 1993.
- [Cellary et al. 1990] Cellary, W. and Jomier, G. 1990 "Consistency of Versions in Object-Oriented Databases." In: Proceedings of the 16th VLDB Conference, Brisbane, Australia, 1990. pp. 432-441.

-
- [Chambolle 1999] Chambolle F., « Un modèle de produit piloté par les processus d'élaboration, Application au secteur de l'automobile dans l'environnement STEP », thèse de Doctorat, Ecole Centrale de Paris, 29 avril 1999.
- [Chandrasekaran, 1990] B. Chandrasekaran, Design Problem Solving: A Task Analysis, AI Magazine, Vol. 11(4), pp. 59-71, 1990.
- [Chedmail et al, 1997] P. Chedmail, JC Bocquet, A.Dornfeld, “ Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering ”, Kluwer Academic Publisher, ISBN 0-7923-4739-0, 1997.
- [Chou et al. 1986] H.T. Chou and W. Kim, “A unifying framework for versions in a CAD environment”, in Proc. Znt. Conf Very Large Data Bases, Kyoto, Japan, Aug. 1986.
- [Chou et al. 1988] H.T. Chou and W. Kim, “Versions and change notification in an object-oriented database system”, in Proc. 25th ACMIEEE Design Automat, June 1988
- [Clautrier, 1991] M. Clautrier, « Difficultés de nouvelles approche de conception dans le spatial », 1991, séminaire GSIP , La conduite de projet pour méthodes et outils, Grenoble.
- [Compatangelo et al. 2004] Ernesto Compatangelo Wamberto Vasconcelos Bruce Scharlau, Managing ontology versions with a distributed blackboard architecture IA 2004.
- [Constant, 1996] D. Constant, Contribution à la spécification d'un modèle fonctionnel de produits pour la conception intégrée de systèmes mécaniques, Thèse Université Joseph Fourier - Grenoble I, France, 1996.
- [De Azevedo, 1997] de Azevedo. Contribution à la modélisation des connaissances à l'aide des systèmes multi-agents. Thèse de Doctorat de l'Université de Technologie de Compiègne, 1997.
- [De Graaf 1996] R. De Graaf, "Assessing Product Development: Visualizing Process and Technology Performance with RACE", Dissertation Technische Universiteit Eindhoven, 1996.
- [Dieng, 1990] Dieng Rose, Méthodes et outils d'acquisition des connaissances. Rapport de recherche n°1319, novembre 1990, INRIA.
- [Dittrich et al. 1988] K.R. Dittrich and R.A. Lorie, “Version support for engineering database systems”, Transactions on Software Engineering, Vol. 14, No 4, April 1988.
- [Dixon, 1988] J.R. Dixon, Designing with features: building manufacturing knowledge into more intelligent CAD systems, ASME Manufacturing International Conference, Atlanta, 1988.
- [Djeraba, 1993] C. Djeraba. Composite objects and dependency relationship in engineering. In Proceeding AIENG, Toulouse 1993.
- [Dupinet, 1991] E. Dupinet, Contribution à l'étude d'un système informatique d'aide à la conception de produits mécaniques par la prise en compte des relations fonctionnelles, Thèse Ecole Centrale de Paris, France, 1991.
- [Eckert et al. 2003] Eckert C., Boujut J-F, “The role of objects in design co-operation: communication through physical or virtual objects”, Computer Supported Collaborative Work, vol. 12, pp 145-151, 2003.
- [Ehrlenspiel 1995] K. Ehrlenspiel, "Integrierte Produktentwicklung Methoden für Prozessorganisation, Produkterstellung und Konstruktion", Carl Hanser Verlag, 1995.
- [Eichenbaum et al. 1994] Eichenbaum C., Malvache P.et PrieurP., La Maîtrise du Retour d'Expérience avec la méthode REX, Performances Humaines et Techniques, Mars-Avril 1994.

-
- [Ermine et al. 1996] Ermine J.L., Chaillot M., Bigeon P., Charreton B. et Malavieille D. — MKSM : Méthode pour la gestion des connaissances, Ingénierie des systèmes d'information, AFCET-Hermès, vol. 4, n°4, pp. 541-575, 1996.
- [Ermine, 1998] Ermine Jean-Louis, Capter et Créer le capital savoir, Réalités Industrielles, Annales de l'Ecole des Mines, 1998.
- [Ermine, 1999] Ermine J.L. — Capitaliser et partager les connaissances avec la méthode MSKM. Traité IC2, volume capitalisation des connaissances, Hermès, Paris (1999).
- [Esnault 1996] L. Esnault, "L'entreprise-réseau : une nouvelle frontière pour les managers ?", Entreprise étendue et commerce électronique, Iie colloque international de management des réseaux d'entreprise, Ecole des HEC, Université de Lausanne, Suisse.
- [Eynard, 1999] B. Eynard, Modélisation du produit et des activités de conception – Contribution à la conduite et à la traçabilité du processus d'ingénierie, Thèse Université Bordeaux 1, France, 1999.
- [Faure et al. 1999] Faure. A., Bisson G., «Modeling the expérience Feedback loop to umprove Knowledge Base reuse in industrial environment ».
- [Ferrandina et al. 1995] Ferrandina, F., Meyer, T., Zicari, R., Ferran, R., and Madec, J., Schema and Database Evolution in the O2 Object Database System, In: Proceedings of International Conference on Very Large Databases (VLDB), September 1995, pp170-181.
- [Fleming et al. 1998] Q. W. Fleming, J.M. Koppelman, "Project Teams: The Role of the Project Office", Cost Engineering, vol. 8, no.8, August, 1998.
- [Franconi et al. 2002] Franconi, E., Grandi, F., and Mandreoli, F., A Semantic Approach for Schema Evolution and Versioning in Object-Oriented Databases, In: Proceeding of the Sixth International Conference on Rules and Objects in Databases (DOOD 2002), 2002.
- [Gardoni 1999] Gardoni M. Maitrise de l'information non structurée et capitalisation de savoir et savoir-faire en ingénierie intégrée. cas d'étude aérospatiale, Thèse de Doctorat, Université de Metz (EADS), 2000.
- [Garro et al. 2001] O. Garro, D. Choulier, J.-P. Micaëlli, « L'émergence, processus clé de la conception inventive : Application à la conception d'une partie d'un robot », 7ème Colloque sur la conception mécanique intégrée, PRIMECA, La Plagne, 2-4 Avril 2001.
- [Gero, 1989] J.S. Gero, Artificial Intelligence in design, Computational Mechanics Publications, Springer-Verlag, Southampton, UK, 1989.
- [Gero, 2001] J.S. Gero, Mass customisation of creative designs, International Conference on Engineering Design ICED'01, Glasgow, 2001.
- [Grundstein, 1995] Michel Grundstein, La Capitalisation des Connaissances de l'Entreprise, Système de Production des Connaissances. Actes du Colloque L'Entreprise Apprenante et les Sciences de la Complexité, Aix en Provence, France, 22-24 Mai 1995. Edité sous forme d'ouvrage collectif sous la direction de Jeanne Mallet : L'organisation Apprenante. Faire, chercher, comprendre (Tome 2). Université de Provence, 1996.
- [Grundstein et al. 1988] Michel Grundstein, Patrick de Bonnières, Serge Para: Les Systèmes à Base de Connaissances, Systèmes Experts pour l'Entreprise. AFNOR Gestion, 1988.
- [Grundstein 2001] Michel Grundstein, From capitalizing on Company Knowledge to Knowledge Management, chapter 12, pp. 261-287, in Knowledge Management, Classic and Contemporary Works by Daryl Morey, Mark Maybury, Bhavani Thuraisingham, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2000. ISBN 0-262-133384-9 (hc.). Edité en janvier 2001.

-
- [Grundstein 2002] Michel Grundstein, « de la capitalisation des connaissances au renforcement des compétences dans l'entreprise étendue » 1er Colloque du groupe de travail Gestion des Compétences et des Connaissances en Génie Industriel, GCC-GI02 12-13 décembre 2002 – Nantes (France)
- [Hadj-Hamou et al., 2001] K. Hadj-Hamou, E. Caillaud, J. Lamothe, M. Aldanondo, Knowledge for product configuration, International Conference on Engineering Design ICED'01, Glasgow, Scotland, 2001.
- [Hadj Hamou 2002] Khaled HADJ-HAMOU « Contribution à la conception de produits à forte diversité et de leur chaîne logistique : une approche par contraintes » Thèse de Doctorat de L'Institut National Polytechnique de Toulouse spécialité : Systèmes Industriels, 10 décembre 2002.
- [Hammer et al. 1993] Hammer M., Champy D., «Le Reengineering», éditions DUNOD, 1993.
- [Harani, 1997] Y. Harani, Une approche multi-modèles pour la capitalisation des connaissances dans le domaine de la conception, Thèse Institut National Polytechnique Grenoble, France, 1997.
- [Hatchuel, 1996] Hatchuel A., "Théories et modèles de la conception, Cours d'ingénierie de la conception", Paris, Ecole des mines de Paris, 1996.
- [Hatchuel et al. 2002] Hatchuel A. and Weil B., "C-K Theory: Notions and Applications of a Unified Design Theory", Proceedings of the Herbert Simon International Conference on " Design Sciences ", Lyon, 2002, pp. 22.
- [Hatchuel et al. 2003] Armand Hatchuel et Benoît Weil ; A new approach of innovative design : an introduction to C-K theory, International Conference on Engineering Design ISED03 Stockholm, August 19-21, 2003
- [Hatchuel et al. 2004] Armand HATCHUEL, Pascal LE MASSON et Benoit WEIL : C-K Theory in Practice: Lessons from Industrial Applications, on international design conference-DESIGN 2004 Dubrovnik, May 18 - 21, 2004.
- [Heflin et al. 2000] J. Heflin and J. Hendler. Dynamic Ontologies on the Web. In Proc. of the American Association for Art'l Intell. Conf. (AAAI-2000). AAAI Press, 2000.
- [Herbst et al. 1997] J. Herbst, J. Bumiller, Towards Engineering Process Management Systems, In Proceedings of CEE: Building Tomorrow's Virtual Enterprise, Germany, April 1997.
- [Hickman et al. 1989] Hickman F.R., Killin J., Land L., Mulhall T., Porter D., Taylor R.M, Ellis Horwood, Analysis for Knowledge-Based Systems, a Practical Guide to the KADS Methodology. 1989.
- [Jensen et al. 1998] Jensen, C. S., Clifford, J., Gadia, S. K., Hayes, P., and Jajodia, S., et al, The Consensus Glossary of Temporal Database Concepts, February 1998 Version. In: Etzion, O., Jajodia, S., and Sripada, S., editors, Temporal Databases - Research and Practice, Springer-Verlag, 1998, pp 367-405.
- [Kanamori, 1996] Kanamori A., "The Mathematical Development of Set Theory from Cantor to Cohen", The Bulletin of Symbolic Logic, Vol. 2, no. 1, 1996, pp. 1-71.
- [Katz et al. 1984] Katz, R. and T. Lehman. "Database Support for Versions and Alternatives of Large Design Files," IEEE Trans. on Software Engineering, vol. SE-10, no. 2, March 1984, pp. 191-200.
- [Katz et al. 1987] R.H. Katz et al., "Design version management", IEEE DESIGN&TEST, pp. 12-22, February 1987.
- [Katz, 1990] R.H. Katz, "Toward a unified framework for version modelling in engineering databases", A CM Computing Surveys, Vol. 22, No 4, pp 375-408, 1990.
- [Kim et al. 1988] W. Kim, H.T. Chou, "Versions of schema for object oriented databases", Proceedings of the 14th VLDB Conference, Los Angeles, California, 1988. pp. 148-159.

-
- [Kim et al. 1989] W. Kim, E. Bertino, J.F. Garza, "Composite objects revisited", in Proc.ACM SIGMOD Intl. Conf. on Management of Data Portland, OR Vol. 18, No2, June 1989. pp. 337-347.
- [Kim, 1990] W. Kim, "Introduction to Object-oriented databases", MIT Press, Cambridge Massachusetts, 1990.
- [Kim et al. 1995] Kim I., Carnduff T., Gray A. and Miles M., Object-oriented design system to support concurrent reuse of engineering design, In John Murphy, editor, The Second international Conference on Object-oriented information systems, IOOS'95, pages Dublin Ireland, 1995.
- [Kim, 1996] Inhan Kim, 'A Design System for Concurrent Reuse of Architectural Data'. International conference CAADRIA, 1996.
- [Kimber et al. 1999] Kimber, W.E., Newcomb, S., and Newcomb, P. 1999 "Version Management as Hypertext Application: Referent Tracking Documents." In: Usdin, B.T. (ed.) Proceedings of Markup Technologies '99. Philadelphia, Pennsylvania, USA, Dec. 7-9, 1999. pp. 185-198.
- [Klein et al. 2002] M. Klein et al. OntoView: Comparing and versioning Ontologies. Collected Posters of the 1st Int'l Semantic Web Conf. (ISWC'2002), 2002.
- [klein et al. 2002a] Michel Klein, Atanas Kiryakov, Damyan Ognyanov, and Dieter Fensel. Ontology versioning and change detection on the web. In 13th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management (EKAW02), Spain, 2002. pp 197-212
- [Klein et al. 2003] M. Klein and N. F. Noy. A component-based framework for ontology evolution. In Proc. of the IJCAI '03 W'shop on Ontologies and Distributed Systems, 2003.
- [Kolodner, 1993] J. Kolodner, Case-Based Reasoning, Morgan Kaufmann Publishers, CA, 1993.
- [Kühn et al. 1997] O. Kühn, A. Abecker, Corporate Memories for Knowledge Management in Industrial Practice: Prospects and Challenges. Journal of Universal Computer Science, 3(8), p. 929-954, 1997.
- [Krakowiak et al. 1987] S. Krakowiak & al. Modèle d'objets et langage du système Guide, Rapport N. 2, LGI-BULL, Grenoble 1987.
- [Landis, 1986] G.S. Landis, "Design Evolution and History in an Object-Oriented CAD/CAM Database", IEEE COMPCON, San Francisco, CA 1986.
- [Lenguin, 1996] C. Lenguin, Spécification pour un langage de représentation du processus de conception en génie mécanique, Mémoire de DEA de Production Automatisée, ENS Cachan, Université Nancy I, 1996.
- [Lerner et al. 1990] B.S. Lerner, A.N. Habermann. Beyond schema evolution to database reorganisation. In Proc. ECOOP '90, Octobre 1990.
- [Mackworth, 1997] Mackworth A., "Consistency in networks of relations in Artificial Intelligence", Artificial Intelligence n° 8, pp 99-118, 1977.
- [Maedche et al. 2002] A. Maedche et al. Managing Multiple Ontologies and Ontology Evolution in Ontologging. In Proc. of the Conf. on Intelligent Information Processing, World Computer Congress 2002, pages 51{63. Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [Maedche et al. 2003] A. Maedche et al. Ontologies for enterprise knowledge management. Intelligent Systems, 18(2):26-33, 2003.
- [Mahe, 1998] Hervé Mahe Une démarche et des outils d'aide à la conception d'ensembles mécaniques dans l'industrie automobile, dossier - Signaux n°92 - Mars 1998.
- [Malvache et al. 1991] Malvache P. et al., Gestion de l'expérience de l'entreprise : la méthode REX, Génie Logiciel & Systèmes Experts, EC2, juin 1991.

-
- [Marchand et al. 1996] Marchand Y., J-L.Guérin, J-P.Barthès. From a set of technical documents to an hypertext. Proceedings of WebNet'96, 15-19 Octobre 1996, San-Francisco. ISBN 1-880094-24-X. pp 336-341.
- [Marples, 1960] Marples D.L., "The Decision of Engineering Design", London, The Institution of Engineering Designers, 1960.
- [Martin et al 2000] G. Martin, F. Détienne, E.Lavigne « Confrontation des points de vue dans un processus d'ingénierie concourante ». 3rd International Conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering IDMME'2000. 17-19 may 2000. Montreal. Presses Internationales Polytechnique.
- [Martin 2002] FRANCK-OLIVIER MARTIN, « Les Technologies de l'Information et de la Communication en Conception Collaborative Multi-Site » Thèse de Doctorat de l'École Centrale de Nantes, Spécialité : Génie Mécanique, 11 janvier 2002.
- [Matta et al. 1999/6] Matta N., Corby O. and Ribière M. ; Définition d'un modèle de mémoire de projet, Rapport de recherche INRIA N° 3720 Juin 1999.
- [Matta et al. 1999/11] Matta N., Corby O. and Ribière M. ; Méthodes de capitalisation de mémoire de projet, Rapport de recherche INRIA (N° 3819 Novembre 1999.
- [McGuinness et al. 2000] D. L. McGuinness, R. Fikes, J. Rice, and S. Wilder , « An environment for merging and testing large ontologies. », In A. G. Cohn, Proceedings of the Seventh International Conference (KR2000). Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA, 2000.
- [Menand et al. 2001] S. Menand, M. Tollenaere, MULTI - a tool and a method to support collaborative functional design, International Conference on Engineering Design ICED'01, Glasgow, Scotland, 2001.
- [Menand 2002] Menand S., « Modélisation pour la réutilisation du processus de conception Multi acteurs de produits industriels » Thèse de Doctorat de l'institut National Polytechnique – Grenoble, janvier 2002.
- [Mer, 1998] S. Mer « Les mondes et les outils de la conception, pour une approche socio-technique de la conception de produit » 1998, thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Grenoble
- [Midler, 1993] Christophe Midler : "L'auto qui n'existait pas. Management des projets et transformation de l'entreprise", InterEditions, 1993 (Nouveau tirage 1996).
- [MS Encarta ® 2007] Encyclopédie Microsoft ® Encarta ® 2007. © 1993-2006 Microsoft Corporation.
- [Muller 2001] A. Muller, "La net économie", Collection Que sais-je, PUF, Mars 2001. [NF X 50-150] « Analyse de la valeur, analyse fonctionnelle », AFNOR 1990.
- [Neches et al. 1991] R. Neches et al. Enabling technology for knowledge sharing. AI Magazine, 12(3):36{56, 1991.
- [Nonaka et al. 1995] Nonaka I. et Takeushi H. — The knowledge creating company : How Japanese Companies create the dynamics of innovation, Oxford University press, 1995 (traduction française : la connaissance créatrice : la dynamique de l'entreprise apprenante, De Boeck Université S.A., 1997).
- [Nonaka et al. 1998] Ikujiro Nonaka, Noboru Konno: The Concept of "Ba": Building a Foundation for Knowledge Creation. In California Management Review, Spring 1998 VoL 40, N°3, Special Issue on Knowledge and the Firm, edited by Robert E. Cole, HAAS School of Business, Berkeley, CA.
- [Noy et al. 2003a] Natalya F. Noy and Mark A. Musen: Ontology Versioning as an Element of an Ontology-Management Framework in Stanford Medical Informatics SMI proceeding March 31, 2003 at Stanford, CA 94305, USA.
- [Noy et al. 2003b] Noy, N. F., and Klein, M., Ontology Evolution: Not the Same as Schema Evolution. Knowledge and Information Systems, 5, 2003.

-
- [Noy et al. 2004] N. Noy and M. Klein. Ontology Evolution: Not the Same as Schema Evolution. Knowledge and Information Systems, 6(4):428-440, 2004.
- [Odberg, 1994] Odberg, E.: A Global Perspective of Schema Modification Management for Object- Oriented Databases. In : Proc. 6th Int'l Workshop on Persistent Object Systems (POS), Tarascon, Provence, France (1994) 479–502.
- [Ouazzani, 1999] A. Ouazzani, Représentation dynamique du processus de conception : une perspective de capitalisation de l'historique de conception, Thèse Ecole Centrale de Paris, France, 1999.
- [Oussalah et al. 1992] C. Oussalah, G. Talens and N. Giambiasi, "Version management for the modelling of complex systems", International Conference on Economics I Management and Information Technology 92, August 31-September 4, 1992 Tokyo.
- [Pahl & Beitz 1996] G. Pahl, W. Beitz, "Engineering Design. A Systematic Approach", Springer Verlag, Londres, 1996 (2nde édition)
- [Palisser, 1990] C. Palisser, "Le modele de versions du système Charly", 6emes journées Bases de Données Avancées, INRIA, Montpellier, Septembre 1990.
- [Planès et al. 1993] Planès J.-C., P. Trigano. Semantic Analysis of Economic Surveys. Applied Artificial Intelligence. 1993.
- [Polanyi, 1966] Michael Polanyi : The tacit Dimension. Routledge & Kegan Paul Ltd, London, 1966.
- [Pomian, 1996] J. Pomian, Mémoire d'entreprise, techniques et outils de la gestion du savoir. Ed Sapientia 1996
- [Poveda 2001] Olivier Poveda : Pilotage technique des projets d'ingénierie simultanée, modélisation des processus, analyse et instrumentation ; Thèse de doctorat de Mécanique : Conception, Géomécanique, Matériaux à l'Institut National Polytechnique de Grenoble, 1998.
- [PSA 1999] CA 17314, « Guide ISA, démarche d'ingénierie système automobile », usage interne PSA, 20 décembre 1999.
- [RDFS, 2004] RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema W3C Recommendation, February 10, 2004 Dan Brickley, R.V. Guha, eds.
- [Ribière et al. 1998] Ribière M., Matta N., Cointe C. "A proposition for managing project memory in concurrent engineering", Proceedings of International Conference on Computational Intelligence And Multimedia Applications (ICCIMA'98), Churchill, Australia, 1998.
- [Roddick, 1995] Roddick, J. F., A Survey of Schema Versioning Issues for Database Systems, Information and Software Technology, 37 (7), 1995, pp383-393.
- [Roques et al. 2001] Rocques P., Vallée F., « UML en action : de l'analyse des besoins à la conception java », Edition Eyrolles, 2001.
- [Saucier et al. 1994] Saucier A., Vargas C., Albert P., Court P., Yvars P. A., "Compared application of two knowledge modelisation methodologies on a car engine cylinder head design problem", IFIP International Conference, Feature Modeling & Recognition in Advanced CAD/CAM systems, Valenciennes, may 1994.
- [Saucier, 1997] A. Saucier, Un modèle multi-vues du produit pour le développement et l'utilisation de systèmes d'aide à la conception en ingénierie mécanique, Thèse Ecole Normale Supérieure de Cachan, France, 1997.
- [Schrijver 1994] R. Schrijver, "Concurrent Engineering", Technieuws Washington 94-02, téléchargé sur le site internet : <http://www.mindspring.com/~twawashington/w-94-02.htm>, 1994.
- [Sellini et al. 1998] Sellini F., Yvars P. A., "Méta modèle déclaratif pour la représentation du produit en conception mécanique", IDMMME'98, mai 1998.

-
- [Sellini, 1999] F. Sellini, « Contribution à la représentation et à la vérification des modèles de connaissances en ingénierie d'ensembles mécaniques », Thèse Ecole Centrale de Paris, 1999.
- [Skarra et al. 1986] A.H. Skarra, S.B. Zdonik. "The Management of Changing Types in object-oriented database 'OODB'". In Proc of the OOPSLA'86 Conference, Septembre 1986.
- [Skarra et al. 1987] A.H. Skarra, S.B. Zdonik. Type evolution in an OODB. Research Directions in Object Oriented Programming, Eds B. Shriver and P. Wegner, MIT Press, 1987
- [SOCE 2000] SOCE, "Society of Concurrent Engineering", <http://www.soce.org/>
- [Sohlenius, 1992] G. Sohlenius, Concurrent Engineering, Annals of CIRP, Vol. 41, pp. 645-655, 1992.
- [Stojanovic et al. 2002] Stojanovic, L. and Motik, B. (2002), Ontology Evolution within Ontology Editors, in `Proc. of the OntoWeb-SIG3 W'shop at the 13th Int'l Conf. on Knowledge Engineering and Knowledge Management (EKAW 2002)', pp. 53-62.
- [Syam 1994] C. S. Syam, U. Menon, "Concurrent Engineering, Concepts, Implementation and Practice", Chapman & Hall, 1994.
- [Talens et al. 1993] G. Talens, C. Oussalah and M. F. Colinas. Versions of simple and composite objects. In Proceedings of the 19th conference on Very Large Data Bases, Dublin, Ireland, August 24-27, 1993.
- [Tichkiewitch et al. 1995] Tichkiewitch S., Chapa E., Belloy P., « Un modèle produit multi vues pour la conception intégrée », In Proc. Of International Industrial Engineering Conference of Montral, 1995.
- [Tichkiewitch, 1996] S. Tichkiewitch, Specifications on integrated design methodology using a multi-view product model, Engineering System Design and Analysis Conference – ASME'96, Montpellier, 1996.
- [Tourtier, 1995] P. A. Tourtier, . Analyse préliminaire des métiers et de leurs interactions. Rapport intermédiaire, projet GENIE, INRIA-Dassault-Aviation, 1995.
- [Tollenaere, 1994] M. Tollenaere, Contribution à la modélisation de connaissances pour la conception mécanique, Habilitation à diriger des recherches, Université Joseph Fourier Grenoble I, 1994.
- [Tollenaere, 1995] M. Tollenaere, Projet Shood, Modélisation objet pour la CFAO : modèle de conception, Rapport de fin de contrat, L3S, Grenoble, 1995.
- [Tollenaere et al. 1997] M. Tollenaere, D. Constant, Linking conceptual and embodiment design of mechanical systems, International Conference on Engineering Design - ICED'97, Tampere, 1997.
- [Tollenaere et al. 2000] M. Tollenaere, S. Menand, C. Canella, "Collaborative knowledge supported functional design : a case study in automotive industry" Paper proposition for COOP 2000.
- [Van Leeuwen et al. 2002] Van Leeuwen, J.P. and S. Fridqvist. 2002. Supporting Collaborative Design by Type Recognition and Knowledge Sharing. Electronic Journal of Information Technology in Construction (ItCon). vol 7 (2002). 167-181.
- [Van Leeuwen et al. 2003] Van Leeuwen, J.P. & S. Fridqvist (2003) "Object Version Control for Collaborative Design", Proceedings of the 9th EuropIA International Conference, E-Activities in Building Design and Construction, Proceedings of the 9th EuropIA International Conference Istanbul, TR, October 8–10, 2003, pp. 129-139.
- [Vargas, 1995] C. Vargas, Modélisation du processus de conception en ingénierie des systèmes mécaniques. Application à la conception d'une culasse automobile. Thèse de l'ENS Cachan, France, 1995.

-
- [Vernadat 1996] Vernadat F.B., «Enterprise Modelling and Integration: principles and applications », Chapman & Hall, London, 1996.
- [Wallace et al. 1997] K. Wallace, J. Matheson, C. Hogue, D. Isgrove, Three Years of Running an Integrated Design Project at Cambridge, Proceedings of ICED, Tampere, August 1997.
- [Yoshikawa, 1981] Yoshikawa H., "General Design Theory", in Man-Machine Communication in CAD/CAM. Proceedings of The IFIP WG 5.2-5.3 Working Conference 1980 (Tokyo), ed. Sata T. and Warman E., North Holland, Amsterdam, 1981, pp. 35-57.
- [Yvars, 2001] P.A. Yvars, Contribution à la représentation des connaissances en ingénierie intégrée de produits et de systèmes automatisés de production, Habilitation à diriger des recherches, Institut National Polytechnique de Grenoble, France, 2001.
- [Zdonik 1986] Zdonik S.B.: Version Management in an Object-Oriented Database; International Works on Advanced Programming Environments, Trondheim, Norway, June 1986, pp. 139-200.
- [Zouari, 2002] Zouari Alaeddine; 'versionnement des modèles de connaissances de domaine dans MULTI, application sur les systèmes de climatisation de voitures automobiles' Mémoire de DEA Spécialité: Mécanique et ingénierie, 17 décembre 2002.
- [Zouari et al. 2002] Zouari Alaeddine, Tollenaere Michel et Menand Sebastian, "Application of a multi-actors design model to the car air-conditioning system functional design", IEEE SMC02 Conference, Hammamet, Tunisia, October 6-9, 2002.
- [Zouari et al. 2004] Zouari A, Ben Bacha H, Tollenaere M & Maalej A " Capitalisation des connaissances de domaine à travers un référentiel métier ", colloque IPI'04 ; Information, Connaissance et Compétences dans les systèmes de production, Autrans-France, 22-23 janvier 2004.
- [Zouari et al. 2005] Zouari A, Tollenaere M, Maalej A & Ben Bacha H "Assistance à la conception collaborative par la capitalisation et la réutilisation des connaissances", International conference: design and mechanical system modelling, CMSM'2005 Hammamet, Tunisia, March 23-25, 2005.
- [Zouari et al. 2007] Zouari A, Tollenaere M, Ben Bacha H and Maalej A. " Can C-K theory apply to KBE (knowledge based engineering) Systems?", to appear in International Journal of Product Lifecycle Management IJPLM, Inderscience publisher 2007.
- [URL 1] <http://wonderweb.semanticweb.org/>
- [URL 2] <http://kaon.semanticweb.org/>
- [URL 3] <http://protege.stanford.edu/>

Proposition de mécanismes de versionnement et d'agrégation des connaissances de domaine en conception de produits industriels.

Résumé :

L'étude de thèse s'inscrit dans une logique d'ingénierie concurrente et de conception routinière. Elle s'intéresse au versionnement des connaissances en conception en se basant sur les modèles de MULTI (projet MULTI). Dans une première étape, l'étude se focalise dans la structuration et l'affinage des modèles de MULTI, pour valider ces concepts ils sont appliqués sur les systèmes de climatisation automobile. Le deuxième volet consiste à l'élaboration d'une méthode qui met en émergence la collaboration des acteurs impliqués dans un processus de conception en vue de construire dynamiquement une bibliothèque de projet, qui trace l'historique du processus d'ingénierie et capitalise les connaissances liées au produit dans le but de réutiliser ce patrimoine informationnel. La partie cruciale de cette étude consiste à étudier de façon formelle les mécanismes de versionnement et d'agrégation des connaissances de domaine qui sont continuellement modifié par les acteurs (actualisation, expansion, restriction, ...) au cours du processus de conception, ce qui engendrer une grande diversité de connaissances difficile à gérer. Pour pallier ces problématiques, nous proposons un mécanisme permettant d'exprimer, et de gérer les stratégies d'évolution des versions de connaissances en ce basant sur la nouvelle théorie de la conception dite théorie C-K. L'étude a conduit au développement d'une maquette informatique appelé «DISCOVER» pour valider l'approche proposée.

Mots-clés : *conception routinière, conception collaborative, gestion des connaissances, capitalisation des connaissances, versionnement et agrégation des connaissances, règles d'évolution des versions.*

Proposal of domain knowledge versioning and aggregation mechanisms in industrial products design process.

Abstract:

The study of thesis falls under a logic of concurrent engineering and routine design. It is interested to knowledge versioning in design while being based on MULTI models (project MULTI). In a first stage, the study is focused in structuring and refining MULTI models, to validate these concepts they are applied to car air-conditioning systems. The second shutter consists with the development of a method which emergences the collaboration of the actors implied in a design process in order to dynamically build a library of project, which traces the history of the engineering process and capitalizes knowledge related to the product with an aim of re-using this informational inheritance. The crucial part of this study consists in studying in a formal way the domain knowledge versioning and aggregation mechanisms. In design process, knowledge is continuously modified by actors (actualization, expansion, restriction...); this generates great knowledge diversity so difficult to manage. To mitigate these problems, we propose a mechanism allowing to express, and to manage the strategies of evolution of knowledge versions in this basing on a new theory of design known as C-K theory. The study led to the development of a data-processing model called "DISCOVER" to validate the approach suggested.

Key words: *routine design, collaborative design, knowledge management, capitalization of knowledge, knowledge versioning and aggregation, rules of versions evolution.*