

Habilitation à Diriger des Recherches

Présentée à

L'Institut National Polytechnique de Toulouse

Spécialité : Génie des Systèmes Industriels

Par

Emmanuel Caillaud

Ingénieur ENIT, Docteur de l'Université de Bordeaux

Connaissances et compétences en industrie manufacturière :

Réactivité par la coopération

Soutenue le 19 décembre 2000, après avis des rapporteurs : MM. Bel, Bocquet, Kieffer

Devant le jury constitué de :

G. Bel, Maître de recherche HDR, ONERA Toulouse

J.-C. Bocquet, Professeur, Ecole Centrale de Paris

J.-P. Kieffer, Professeur, ENSAM d'Aix-en-Provence

Rapporteurs

G. Lacoste, Professeur

Président

Correspondant d'HDR

D. Bergez, Professeur, Ecole des Mines d'Albi-Carmaux

C. Mc Mahon, Reader, Université de Bristol (GB)

D. Noyes, Professeur, ENI de Tarbes

D. Riopel, Professeure, Ecole Polytechnique de Montréal

Examineurs

Ce mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches a été préparé au Centre Génie Industriel de l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux.

SOMMAIRE

CURRICULUM VITAE.....	2
ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT	5
ACTIVITES DE RECHERCHE.....	9
INTRODUCTION.....	9
PARTIE 1. CONTEXTE ET OBJECTIF DE NOS TRAVAUX	11
PARTIE 2. SYNTHESE DES TRAVAUX	15
PARTIE 3. PERSPECTIVES DE RECHERCHE.....	30
CONCLUSION	37
REFERENCES	39
LISTE DES PUBLICATIONS, COMMUNICATIONS ET RAPPORTS SCIENTIFIQUES.....	42
MEMOIRES	42
PUBLICATIONS.....	43
CONGRES	45
RAPPORTS	49
LISTE DES MEMOIRES ET DIPLOMES DIRIGES	50
THESES DE DOCTORAT.....	50
DEA.....	51
PARTICIPATION A DES JURYS DE THESES	51
PARTICIPATION A DES PROGRAMMES DE COOPERATION INTERNATIONAUX.....	53
PROJETS EUROPEENS	53
COOPERATION SCIENTIFIQUE	54
COPIES DE PUBLICATIONS ET DE COMMUNICATIONS	55

CURRICULUM VITAE

Etat Civil

CAILLAUD Emmanuel, Jean

né le 27 novembre 1967 à Thouars (Deux-Sèvres, 79)

Nationalité française

Marié, 2 enfants

Adresse personnelle : 49, rue Jean Renoir 31180 Castelmaurou

Coordonnées professionnelles

Centre Génie Industriel

Ecole des Mines d'Albi-Carmaux (EMAC)

Campus Jarlard, route de Teillet, 81013 Albi CT Cedex 09

Téléphone : 05.63.49.30.92 Fax : 05.63.49.31.83 Mél : caillaud@enstimac.fr

Titres et Diplômes Universitaires

juin 1990 : Ingénieur de l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes (ENIT)

juin 1990 : DEA de Mécanique, Université de Bordeaux I, Pr. M. Touratier

janvier 1995 : Docteur de l'Université Bordeaux 1, Directeur de thèse : Pr. D. Noyes (ENIT)

1995 : Inscrit sur la liste de qualification aux fonctions de maître de conférences de la 61^{ème} section

Evolution de carrière

1990-94 : Ingénieur au CETIM de Senlis (thèse CIFRE avec l'ENIT)

depuis le 01/08/1994 : Maître-Assistant à l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux.

depuis le 01/10/1994 : Responsable du département d'enseignement Génie Industriel.

Activités d'enseignement

Cours, TD, TP, encadrement de stagiaires à l'ENIT (formation d'ingénieurs, DESS CFAO UPPA/ENIT et Mastère Production Automatisée ENIT), puis à l'EMAC (formation d'ingénieurs).

Gestion de production, méthodes d'analyse et de conception, conception et fabrication mécanique, conception de produits, aide à la décision en conception, qualité, comptabilité analytique, évaluation économique des projets industriels, recherche opérationnelle, enjeux et pratiques de la recherche, connaissances et compétences en entreprise.

Interventions en dernière année de l'Ecole Centrale de Paris, en dernière année de l'Université de Technologie de Troyes et en première année de l'IUP Ergonomie d'Albi (Université de Toulouse le Mirail).

Activités de recherche

Notre activité de recherche traite des domaines de la conception et de gestion de production en s'intéressant particulièrement aux connaissances et aux compétences dans le cadre de la réactivité par la coopération.

Publications dans des revues et contributions à ouvrages internationaux : 9

- Publications : 7 (dont IJPR, CERA, IJCIM, IJAM, RFGI)

- Contributions à ouvrages internationaux : 2 (dont IDMME 1997)

Revue technique : 1

Congrès : 26 (dont 18 congrès internationaux avec actes édités avec ISBN ou ISSN) + 3 soumis

Encadrements de thèses : 3

- co-directeur de thèse de L. Franchini (soutenue le 14 novembre 2000)

- encadrement de B. Duprieu (soutenance prévue fin 2001)

- encadrement de K. Hadj Hamou (soutenance prévue fin 2002)

Encadrement de DEA : 2 (G. Herrera 98, O. Attal 2000).

Encadrement de mémoire CNAM : 1 (C. Passemard 98).

Responsabilités administratives

A l'EMAC

D'octobre 1994 à novembre 2000 : Responsable du département d'enseignement Génie Industriel (280 heures élèves) : cohérence du contenu, évolutions pédagogiques, recherche d'intervenants, emploi du temps pour les élèves de formation continue.

Depuis octobre 1997 : Représentant des enseignants-chercheurs au Comité des Etudes de l'EMAC.

Participation à la définition des options de dernière année de l'EMAC "Génie Industriel" (1998) et "Génie des Systèmes d'Information" (1999).

Au sein de la communauté scientifique

Avant 1994

Projet européen : Responsable d'une tâche du projet BRITE-EURAM IDEFIX (91-93).

Après 1994

Arbitre pour l'ouvrage de sélection des communications du congrès IFIP SMO'95, Prague : 4 communications en 1995.

Participation aux jurys de recrutement de 2 Maîtres-Assistants de l'Ecole des Mines d'Alès en 1996.

Co-Président de la session "Design methodology", ASME, ESDA'96, Montpellier.

Organisation du 2^{ème} Congrès Franco-Québécois de Génie Industriel, Albi, 3-5 septembre 1997 (affectation des 270 communications aux arbitres, suivi des acceptations, définition des sessions et affectation des présidences de session) et responsable du comité industriel Aéronautique/Espace.

Membre du bureau éditorial de la publication International Journal of Agile Manufacturing (IJAM) : 2 articles en 1998.

Organisation de la journée "Connaissances et compétences", Albi, 14 décembre 1999.

Groupes de recherche français : Participation au groupe SCOP (Stratégie Conduite et Organisation de la Production), création du club CRIN Productique sur la réactivité en production.

Arbitre pour la publication Engineering Applications of Artificial Intelligence (IFAC) : 3 articles en 2000.

Arbitre pour la sélection de communications pour le congrès IFAC MCPL'2000, Grenoble : 2 communications en 2000.

Membre de la commission enseignement du Club des Enseignants et Chercheurs en Génie Industriel.

Jurys de thèse : 2 (T. Jia en 98, L. Franchini en 2000)

.

ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT

Mon goût pour l'enseignement est concrétisé par des cours dispensés depuis 1990 à différents niveaux de formation de l'enseignement supérieur et dans différents établissements (ENIT¹, EMAC², ECP³).

Dans la limite des libertés de choix, j'ai retenu et assuré des enseignements dans le domaine de mes activités de recherche. Les enseignements de méthodes d'analyse et de conception, de conception de produit ainsi que de gestion de production sont directement alimentés et illustrés par une activité de recherche. Les cours électifs proposés aux élèves ainsi que les séminaires de DEA et de laboratoires font le lien entre l'activité de recherche et la formation à la recherche : "compétences et connaissances en entreprise" et "enjeux et pratiques de la recherche", "aide à la décision et compétences", "aide à la conception des outillages".

Etant le premier enseignant permanent recruté dans le département génie industriel (août 1994), j'ai eu à mettre en place les premiers enseignements dans ce domaine à l'Ecole des Mines d'Albi, tant en formation initiale qu'en formation continue. J'ai eu rapidement à prendre en charge l'ensemble des activités pédagogiques et administratives en tant que responsable du département d'enseignement de Génie Industriel. J'ai défini précisément le contenu des cours devant être dispensés pour la première fois, ainsi que leur forme pédagogique. En septembre 1998, une option "Génie Industriel" s'est ouverte et j'ai activement participé à la définition de son contenu et de sa forme notamment pour les 3 modules traitant de la conception de produit, de la conception et de la gestion du système de production (avec J. Lamothe). J'ai également participé à la préparation de l'option "Génie des Systèmes d'Information" ouverte en 1999.

Parallèlement, j'ai assuré l'encadrement de stagiaires élèves-ingénieurs notamment sur des thématiques proches de mes activités de recherche ("Normalisation en Concurrent Engineering aéronautique", "Intégration d'un nouveau système de gestion de production assistée par ordinateur" par exemple).

Ces activités sont synthétisées chronologiquement dans le tableau suivant puis les enseignements principaux sont détaillés.

¹ Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes (ENIT)

² Ecole des Mines d'Albi-Carmaux (EMAC)

³ Ecole Centrale de Paris (ECP)

Année	Intitulé	Type d'intervention	Public	Etablissement
1993	Gestion de Production	Cours et TD (2 x 25 h)	élèves-ingénieurs BAC+2	ENIT
1993	Conception mécanique	Cours et TD (20 h)	DESS CFAO et Mastère BAC+5	ENIT Univ. Pau Pays de l'Adour
Depuis 1994	Gestion de Production	Cours (94 à 96), TD et TP (30 h)	élèves-ingénieurs BAC+3	EMAC
Depuis 1995	Recherche Opérationnelle	Cours (97) et TD (15h)	élèves-ingénieurs BAC+3	EMAC
1995-1999	Gestion de production	Cours et TD (15h)	Formation continue	EMAC
Depuis 1996	Outils de la Qualité	TD (12h)	élèves-ingénieurs BAC+2	EMAC
1996 et 1997	Construction et Fabrication Mécanique	TD (12h)	élèves-ingénieurs BAC+2	EMAC
Depuis 1997	Méthodes d'Analyse et de conception	Cours et TD (97) puis problèmes APP (30h)	élèves-ingénieurs BAC+4 et formation continue	EMAC
Depuis 1998	Certification Qualité	TD (12h)	élèves-ingénieurs BAC+4	EMAC
Depuis 1998	Enjeux et pratiques de la recherche	Cours et TD (15h)	élèves-ingénieurs BAC+2	EMAC
Depuis 1998	Aide à la conception des montages d'usinage	Cours (3h)	élèves-ingénieurs Option ICP	ECP
Depuis 1998	Satisfaire le Client	Cours et TD (7,5h)	élèves-ingénieurs Option Génie Industriel	EMAC
Depuis 1999	Connaissances et compétences en entreprise	Cours et TD (15h)	élèves-ingénieurs BAC+4	EMAC
Depuis 1999	Gestion de production	Cours et TD (3h)	Option Agro-alimentaire	EMAC
Depuis 1999	Gestion de projet	Projets (20h)	élèves-ingénieurs BAC+2	EMAC
Depuis 2000	Gestion de Production	Cours, TD et jeux (15h)	BAC+2	IUP Ergonomie Univ. Toulouse
Depuis 2000	Connaissances en conception	Cours et TD (3h)	élèves-ingénieurs BAC+5	Université de Technologie de Troyes

Enseignements à l'EMAC

Depuis le 1^{er} août 1994, en tant que Maître-Assistant en Génie Industriel à l'EMAC, j'ai participé à la création de nombreux enseignements tels que :

- Gestion de production (depuis 94/95 et en collaboration avec J. Lamothe depuis 97/98), 30 heures
- Méthodes d'analyse et de conception (depuis 97/98), 30 heures
- Conception de produit / Satisfaire le client (depuis 98/99 avec F. Peres), 15 heures
- Qualité (sous la responsabilité de M. Aldanondo), 30 heures
- Recherche opérationnelle (années 95/96 et en collaboration avec J. Lamothe depuis 99/2000), 15 heures
- Enjeux et pratiques de la recherche (depuis 98/99), 15 heures
- Connaissances et compétences en entreprise (depuis 99/2000 avec B. Vacher), 15 heures

J'ai également encadré 16 élèves-ingénieurs en dernière année (BAC+5) de l'EMAC et de nombreux autres stages sur les années scolaires précédentes.

Enseignements hors de l'EMAC

En tant que vacataire à l'ENIT (en parallèle avec mon activité de thèse), j'ai participé à l'encadrement de stagiaires et à des enseignements, notamment :

- Gestion de production (année 93), 50 heures
- Conception mécanique (année 93), 20 heures DESS CFAO UPPA⁴ et Mastère.

En tant qu'ingénieur au CETIM⁵ (Senlis), j'ai participé à la création de la nouvelle formation continue "Démarche de conception de montages d'usinage" ainsi qu'à la conception du film pédagogique "Les porte-pièces ou montages d'usinage" (Collaboration CETIM de Senlis / CRDP de Rouen).

En tant que vacataire, j'interviens depuis 1998 en option "Innovation, Conception et Production" de l'Ecole Centrale de Paris pour assurer les enseignements sur l'aide à la conception des montages d'usinage (3 heures).

⁴ Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA)

⁵ Centre Technique des Industries Mécaniques (CETIM)

Depuis la rentrée 2000, une formation IUP ergonomie (Université de Toulouse Le Mirail) s'est mise en place à Albi. Dans ce cadre, j'ai participé à la définition des enseignements et à la recherche des enseignants en "ingénierie" (gestion de production, gestion de projet et qualité. J'ai réalisé les enseignements de gestion de production (12 heures) en collaboration avec Caroline Thierry (Université Toulouse 2 et CERT-ONERA).

En novembre 2000, je suis intervenu en dernière année de l'UTT⁶ pour assurer un cours intitulé "connaissances et conception".

A l'interface entre l'enseignement et la recherche, j'ai présenté mes travaux de recherche à l'occasion de différents séminaires :

- "Aide à la décision et compétences" aux élèves du DEA Gestion de projet INP Toulouse en 1998,
- "Aide à la conception et connaissances" au laboratoire de recherche de l'ESTIA⁷ de Bayonne en 1999,
- "Connaissances et compétences : applications en conception et en production" au laboratoire Productique-Logistique de l'ECP en 2000.
- "Connaissances et conception" au laboratoire de systèmes mécaniques et d'ingénierie simultanée (LASMIS) de l'UTT en 2000.

⁶ UTT : Université de Technologie de Troyes

⁷ ESTIA : Ecole Supérieure des Technologies Industrielles Appliquées (Bayonne)

ACTIVITES DE RECHERCHE

INTRODUCTION

La dimension immatérielle de l'entreprise prend une importance de plus en plus marquée. Les entreprises se sont recentrées sur leur métier et doivent maintenant collaborer pour concevoir, produire et maintenir les systèmes complexes et personnalisés demandés par les clients. Ces collaborations s'appuient sur les compétences identifiées et doivent répondre aux critères actuels de qualité, de coût mais aussi de réactivité.

Cette dimension a été perçue dans le monde académique et prend aujourd'hui une dimension marquée dans la recherche du domaine des Sciences Pour l'Ingénieur en s'appuyant sur des travaux d'autres champs scientifiques appartenant aux Sciences Humaines et Sociales (MENRT, 1999).

C'est dans ce double cadre industriel et scientifique que nous inscrivons notre activité de recherche. L'objectif de nos travaux est de développer la réactivité des systèmes industriels de production en nous appuyant sur la notion de coopération (entre activités ou au sein d'une activité). Cette recherche repose sur des travaux sur les connaissances et les compétences avec des applications en conception et en production. Les travaux réalisés abordent conjointement les notions de conception et de production qui sont traditionnellement séparées (60^{ème} et 61^{ème} section du CNU) alors qu'elles coexistent en Amérique du nord (cf. "Handbook of Industrial Engineering" (Salvendy, 1991) ou l'ouvrage de Chase et Aquilano (Chase et Aquilano, 1996)). Les travaux de recherche que nous avons menés ont été initiés au sein du Laboratoire Génie de Production de l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes (LGP/ENIT) et poursuivis au Centre Génie Industriel de l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux (CGI/EMAC). Dans ces deux laboratoires, nous avons participé au démarrage des activités de recherche.

Dans la première partie, nous présentons le contexte et les objectifs de nos travaux.

Dans la partie 2, nous présentons une synthèse des travaux réalisés. Nous les replaçons par rapport aux problématiques industrielles et aux enjeux scientifiques et nous en présentons les principaux résultats.

La recherche réalisée repose principalement sur les travaux des doctorants synthétisés sur la figure 1. La partie 2.1. (Connaissances en conception : aide à la conception d'outillages) s'appuie donc sur la thèse de doctorat de Bernard Duprieu. Ces travaux trouvent leur prolongement dans la thèse de K. Hadj Hamou en conception de produit.

La partie 2.2. de ce mémoire (Compétences en production : aide à la planification d’opérateurs) est alimentée par la thèse de doctorat de Lionel Franchini. Ces travaux réalisés utilisent les degrés de liberté offerts par la flexibilité des ressources humaines (Erol, 1999) pour définir les besoins en compétences et planifier les opérateurs de production.

En parallèle de ces travaux centrés sur les thèses, nous avons mené une activité de recherche plus personnelle (cf. partie 2.3). Nos travaux passés et en cours sur la conception s'inscrivent dans une logique de réactivité et donc d’ingénierie intégrée. Ceci assure le lien entre les travaux sur la conception d'outillages et ceux sur la conception de produits menés dans le cadre de la thèse de Khaled Hadj Hamou. Dans cette partie, nous présentons également les travaux réalisés sur la gestion industrielle étendue sur la base du mémoire CNAM de Christine Passemard.

Nous dressons alors un bilan des activités réalisées qui constituent le socle de futurs travaux.

Dans la partie 3, nous proposons plusieurs pistes de recherche qui nous semblent prometteuses pour les prochaines années. Dans la partie 3.1, nous présentons les aspects qui attirent notre attention dans le cadre de l'ingénierie intégrée. Les thématiques concernant la coopération au sein d'une activité sont présentées dans la partie 3.2.

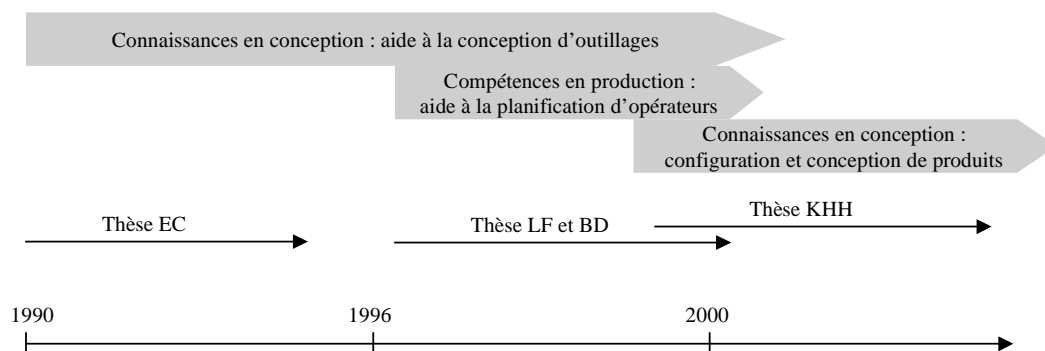


Figure 1. Thématiques de recherche des doctorants.

Cette présentation des activités de recherche fait référence à des publications dans des revues à comité de lecture [P...] et à des communications avec actes édités [C...] auxquelles nous avons contribué. La liste complète des publications et communications est incluse dans ce mémoire et les publications principales sont jointes en annexe.

PARTIE 1. CONTEXTE ET OBJECTIF DE NOS TRAVAUX

Dans cette première partie, nous définissons tout d'abord le cadre de nos activités et les principaux termes utilisés : réactivité en industrie manufacturière (1.1), connaissances et compétences (1.2). Sur ces thématiques, nous présentons notre point de vue et nous soulignons l'originalité de notre recherche.

1.1. Réactivité en industrie manufacturière

Les préoccupations industrielles ont intégré progressivement la recherche de productivité, de qualité, de flexibilité et aujourd'hui de réactivité (Fievez et al., 1999).

La réactivité peut être définie comme l'aptitude d'un système à exploiter ses degrés de liberté (flexibilité) pour faire face à un événement dans un temps limité avec un objectif de performance.

La volonté de réactivité des entreprises manufacturières provient :

- de la variation de la demande (aléatoire ou saisonnalité),
- du raccourcissement de la vie des produits et des technologies,
- de l'accroissement de la personnalisation des produits,
- du raccourcissement des délais de livraison.

La réactivité exploite les trois formes de flexibilité suivantes (d'après (De Toni et al., 1998)) :

- horizontale : suivant les étapes du cycle de vie du produit comme la conception, la fabrication, les achats, la distribution, etc.
- verticale (ou hiérarchique) : suivant le niveau décisionnel (de la machine à la cellule, à l'usine et même au groupe).
- par domaine : suivant l'objet qui subit une évolution afin de s'adapter aux variations de l'environnement externe et interne (produit, machine, processus,...).

La réactivité doit alors exploiter ces degrés de liberté de flexibilité (leviers de flexibilité).

L'aide à la réactivité a été assez peu étudiée. Par exemple, les premiers résultats d'une enquête (Tournesol, 2000) semblent montrer que les entreprises se déclarant réactives ne possédaient pas de moyens d'aide à la décision. L'aide à la réactivité ne comporte pas uniquement une dimension d'aide à la décision dans un temps limité supportée par des applications informatiques.

Nous considérons que l'aide à la réactivité comporte :

- une phase d'analyse,
- une phase de définition de solutions,
- une phase d'évaluation.

L'analyse consiste en l'étude de l'adéquation des leviers de flexibilité par rapport aux besoins en réactivité. La définition de solutions est l'expression d'une ou de plusieurs réactions nécessitées par un ensemble d'événements. L'évaluation mesure l'efficacité de la solution réactive en fonction de la variation des performances et des risques.

Nous considérons que la réactivité dépend principalement des hommes de l'entreprise. Pourtant, la contribution des ressources humaines à la réactivité a été assez peu étudiée même si différents auteurs en soulignent l'importance (Triomphe, 1993) et (Tarondeau, 1999).

L'objectif de nos travaux est de développer la réactivité des systèmes industriels de production. Le principal levier de réactivité que nous souhaitons mettre en valeur est constitué par les ressources humaines. En effet, la réactivité repose sur la capacité des acteurs à exploiter leurs connaissances pour répondre aux événements perturbateurs. Ceci implique généralement une coopération au sein d'une activité ou entre plusieurs activités et crée de nouvelles connaissances.

1.2. Connaissances et compétences

Dans le cadre de ces travaux, nous nous sommes particulièrement intéressés aux connaissances et aux compétences des ressources humaines.

Différents auteurs tentent de définir et de distinguer les connaissances des compétences. Nous considérons que les données (ou les faits) sont des éléments bruts qui méritent d'être mis en contexte pour pouvoir être interprétés et nous pouvons alors parler d'information (Shannon et al., 1949). Les connaissances sont une utilisation de ces informations pour atteindre un objectif ou résoudre un problème (analyse, définition de solution, évaluation). La compétence est souvent considérée comme la mise en œuvre de connaissances pour réaliser une action dans un contexte donné (Le Boterf, 1999).

Les connaissances sont classiquement analysées comme explicites ou tacites. I. Nonaka et H. Takeuchi (1995) rappellent les différentes relations entre ces 2 types de connaissance : explicitation (tacite vers explicite), socialisation (tacite à tacite), internalisation (explicite vers tacite) et combinaison (explicite vers explicite).

Dans ces cadres scientifiques, nos travaux sur la conception des outillages portent sur l'explicitation des connaissances et leur réutilisation et les travaux sur la planification des opérateurs permettent notamment d'identifier les compétences critiques.

Nous considérons, comme Soenen et Perrin (Soenen et Perrin, 2000), que la maîtrise des connaissances et de la coopération s'intègrent dans une logique de réactivité des industries manufacturières. En effet, la maîtrise des processus et l'aide à l'analyse de problèmes, la définition et l'évaluation de solutions sont des enjeux majeurs pour une réactivité maîtrisée. Ces aspects sont détaillés dans les parties 2 et surtout 3 de ce mémoire.

1.3. Originalité de nos travaux de recherche

Notre thèse de doctorat (thèse EC) est la source de nos travaux actuels et futurs. En effet, cette première activité de recherche, réalisée en partenariat avec le CETIM, portait sur la modélisation des connaissances pour la conception des montages d'usinage. Les connaissances des concepteurs d'outillages étaient analysées et rationalisées par les notions de conception mécanique. Les liens entre l'industrialisation du produit et sa conception étaient définis. Ceci a permis de définir un système à base de règles pour proposer une solution rapide et rationnelle dans une logique d'ingénierie d'intégrée (concurrent engineering). Ces travaux sont actuellement poursuivis dans le même esprit sur les outillages d'emboutissage par la thèse de Bernard Duprieu, thésard en convention CIFRE avec Aérospatiale (thèse BD). L'extension à la conception de produits intégrant des contraintes de fabrication et de logistique est en cours dans la thèse de Khaled Hadj Hamou (thèse KHH), dans le cadre d'un projet avec Siemens Automotive.

Nos travaux, développés au travers de la thèse de Lionel Franchini (thèse LF) sur la planification des opérateurs, permettent d'identifier les compétences et les degrés de flexibilité à utiliser dans un objectif de planification et d'affectation. Cette recherche est réalisée en partenariat avec les sociétés Césium et Fleury Michon. Dans le prolongement de ce travail, l'espace de liberté (autonomie) laissé à une équipe pour faire face à un événement et les modes de coopération peuvent être étudiés.

Nos différentes activités de recherche peuvent alors être représentées sur la figure 2.

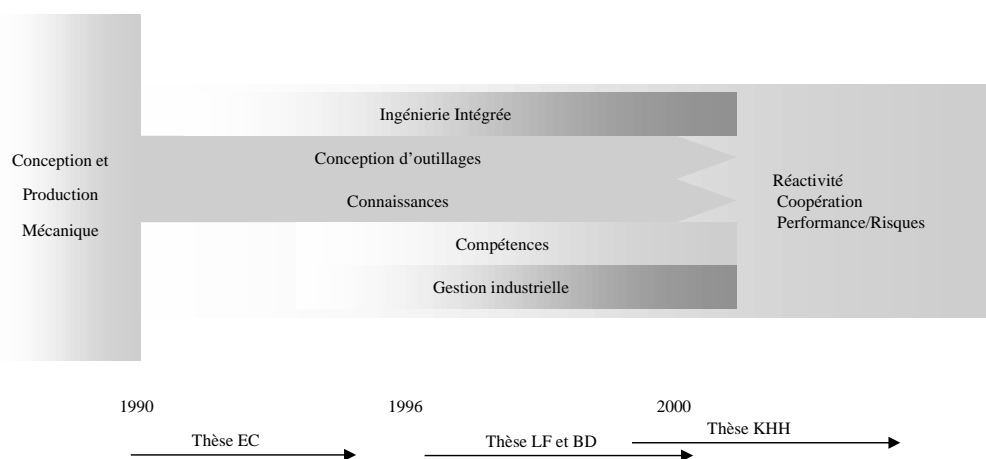


Figure 2. Représentation des activités de recherche.

Une activité de recherche ne peut pas être réalisée de manière isolée car une communauté de recherche est nécessaire pour créer des connaissances nouvelles mais aussi pour permettre l'évaluation par les pairs ; son originalité est donc relative. L'originalité d'une recherche peut par contre être définie par l'appartenance à des communautés en cours de constitution.

Ainsi, par exemple, nos travaux sur les connaissances en conception s'ancrent dans la communauté française "Priméca", symbolisée par les congrès IDMME (96, 98, 2000) ou dans le thème "Knowledge and information management" des congrès ICED. Les travaux initiés en 1996 sur la gestion des compétences des opérateurs sont aujourd'hui accompagnés par la communauté de Génie Industriel (le titre du congrès franco-québécois de 1999 était "L'intégration des ressources humaines et des technologies : le défi" et différentes journées sur ce thème ont été organisées par le Club des Enseignants et Chercheurs en Génie Industriel). De même, nos travaux sur la réactivité intégrant des aspects de coopération, de connaissances, de risques et enfin d'évaluation de performance font écho aux journées "Prosper" organisées par le CNRS sur la coopération et les connaissances (juin 2000).

Par ailleurs, toute recherche en génie industriel est issue de besoins industriels et doit alors définir des thématiques scientifiques pour les satisfaire. Notre activité de recherche a pour objet de compléter et/ou combiner les résultats académiques antérieurs pour satisfaire les thématiques industrielles définies. Ce type de recherche conduit généralement à la définition de méthodologies (supportées par des modèles) pouvant aboutir au développement d'outils d'aide à la décision. Nos recherches suivent généralement une démarche de type interactif (David, 2000), telle que la recherche-action, avec des relations fortes avec l'industrie.

Finalement, nos travaux ont donc toujours été caractérisés par :

- une thématique originale sur la réactivité par la coopération basée sur les notions de compétences et de connaissances,
- une approche ancrée dans la conception mécanique et la production manufacturière s'intéressant particulièrement aux hommes (connaissances, compétences, coopération) et donc ouverte sur d'autres communautés scientifiques,
- une forte volonté d'application conduisant à une recherche issue des préoccupations industrielles et ayant vocation à les satisfaire.

PARTIE 2. SYNTHÈSE DES TRAVAUX

2.1. Connaissances en conception : aide à la conception des outillages (thèses de E. Caillaud et de B. Duprieu)

Problématique industrielle

Le patrimoine technologique d'un industriel est un facteur essentiel pour la pérennité et le développement de ses produits (voir par exemple (Franck 99)). Ce savoir-faire acquis au fil des ans peut être particulièrement vulnérable s'il n'est pas formalisé et peu ou pas explicite. La fragilité de cet acquis technologique pose le problème de la capitalisation, de la transmission et de l'évolution des connaissances.

Dans l'industrie, les savoir-faire technologiques sont particulièrement concernés et notamment la conception des outillages qui constitue un nœud de connaissances entre la conception du produit et le procédé nécessairement mis en œuvre pour le réaliser. De plus, les outillages constituent un coût non négligeable (jusqu'à 10 à 15 % du coût du produit pour les outillages d'emboutissage en aéronautique) et sont souvent un frein pour la mise à disposition de la première pièce (délai de conception, de réalisation et de mise au point). Les besoins en contrôle des procédés et les besoins en réduction des délais et des coûts imposent une meilleure maîtrise des connaissances pour la conception des outillages. Le faible nombre de concepteurs expérimentés (20-30 années d'expérience) et le mode d'apprentissage par compagnonnage pendant quelques années (3 au minimum) n'est aujourd'hui plus compatible avec le contexte économique.

La conception des outillages se distingue de celle du produit car elle reçoit en entrée une définition de pièce à produire (et non un cahier des charges) et reste étroitement liée au procédé de réalisation du produit. L'analyse de la pièce à produire est réalisée sur la base de son plan de définition et l'outillage doit être défini conjointement au procédé de fabrication de la pièce. Par exemple, une caractéristique de la pièce imposera un type d'outillage et un traitement thermique spécifique entre deux opérations d'emboutissage.

En ce qui concerne la conception (notamment des outillages), les connaissances considérées comme les plus critiques sont celles qui concernent la pré-conception (Pahl et Beitz, 1996). En effet, lors de cette étape, l'architecture de la solution est définie et requiert des connaissances spécifiques et généralement rares.

Différentes causes peuvent inciter les industriels à travailler sur ce domaine :

- départs à la retraite,
- nécessité de réduction des délais et des coûts,
- amélioration de la qualité.

Dans ce contexte, l'attente industrielle porte sur la capitalisation des connaissances, leur rationalisation, leur mise à disposition, leur structuration sous la forme d'outils d'aide à la conception d'outillages et, enfin, d'évolution des connaissances.

Problématique de recherche

Sur la base des besoins industriels, différentes thématiques de recherche sont explorées (Fouet, 1999) :

- acquisition des connaissances,
- modélisation des connaissances,
- aide à la conception.

L'acquisition des connaissances est un domaine de recherche actif depuis plusieurs années (Aussenac et al., 1996). Son objectif est de proposer des méthodes et des outils pour faciliter la transmission des connaissances des experts vers la personne qui doit recueillir les connaissances. Dans ce domaine, deux approches sont combinées : d'une part obtenir le même résultat que l'expert et d'autre part s'approcher de son mode de raisonnement pour identifier et valider le détail des connaissances utilisées.

Les connaissances peuvent alors être exprimées sous différentes formes (règles, cas, procédures, dictionnaires, ...). Leur gestion peut s'appuyer sur différents outils (Vancza, 1999) tels que les systèmes experts (Farreny, 1989) ou les systèmes de raisonnement à partir de cas (Kolodner, 1993). Si les principes de telles applications sont simples, leur mise en œuvre réelle pose des difficultés qu'il convient de résoudre (Bergmann et al., 1999).

L'aide à la conception repose classiquement sur différents types d'outils tels que les outils de CAO (Conception Assistée par Ordinateur) pour la représentation géométrique et les simulations numériques pour la validation cinématique ou mécanique. Ces outils permettent plus une validation de solutions déjà définies par le concepteur qu'une réelle aide à la conception contribuant à générer des solutions. Le recours à des systèmes informatiques à base de connaissances répond à ce besoin. Parmi les travaux qui ont initié cette voie, il faut se référer aux travaux de Trousse (Trousse, 1989) et de Vargas (Vargas, 1995).

Propositions

Les projets industriels traités personnellement nous ont conduit à travailler sur la capitalisation des connaissances pour l'aide à la conception des outillages dès 1990 (contrat CIFRE CETIM/ENIT et projet BRITE IDEFIX). Ces travaux nous ont permis de mener à bien avec Aérospatiale-Matra un projet sur la pérennisation des connaissances pour la conception des outillages d'emboutissage (contrat CIFRE Aérospatiale/Ecole des Mines d'Albi-Carmaux pour la thèse de Bernard Duprieu). Dans ces travaux, nous nous sommes intéressés à la pré-conception des outillages car c'est cette étape qui recèle les connaissances les plus critiques. En effet, le résultat de cette étape est la définition des principes de l'outillage ce qui permet alors à des non-spécialistes du procédé de fabrication de définir le dessin d'ensemble de l'outillage. La connaissance de pré-conception impose une maîtrise du procédé et de ses conséquences sur les principes de l'outillage à retenir pour éviter toute difficulté lors de la réalisation de la pièce.

Aujourd'hui, nous considérons qu'aider à la conception des outillages consiste à proposer une démarche de conception incluant un guide d'analyse de la pièce, à proposer des exemples de conception et à proposer des règles de conception applicables pour le produit traité. Si l'objectif est de fournir également un support de formation à des concepteurs novices, un effort particulier doit être effectué pour définir les termes et les concepts utilisés.

La pertinence d'un expert dépend de son expérience et de la façon dont il la ré-exploite. De même, la qualité d'un système d'aide à la conception dépend des connaissances stockées et de leur réutilisation. Le développement d'un système d'aide à la conception, basé sur les connaissances de l'expert, comporte donc les étapes de transmission, d'organisation et de réutilisation des connaissances. La transmission consiste en un échange entre l'expert et la personne en charge de recueillir les connaissances de manière à formaliser l'expertise (cogniticien). L'organisation des connaissances doit apporter une démarche de raisonnement adaptée pour les différents types de conception. La réutilisation des connaissances concerne l'accès aux différents types de connaissances.

Transmission de la connaissance

Si le dialogue est un moyen naturel d'échange d'informations, le contexte imposé par les méthodes de structuration de l'interview est très éloigné du mode naturel de transmission des connaissances qu'est l'apprentissage. Le niveau des propos de l'expert n'est pas progressif. Chaque information repose sur l'ensemble de son expertise, la rendant difficilement compréhensible. De plus, une partie des connaissances est implicite, rendant celles-ci difficilement accessibles.

Nous considérons que l'exploration des connaissances de l'expert concepteur d'outillage n'est efficace que si le cogniticien se met en situation d'apprendre et comprendre le métier de l'expert. Le cogniticien doit définir son propre processus de raisonnement. Le support des échanges avec l'expert

est de refaire les conceptions d'outillage de l'expert. Les résultats obtenus par le cogniticien en position d'apprenti obligent l'expert à expliciter l'ensemble des problèmes et des solutions. Les itérations entre l'apprenti et l'expert sur chaque cas doivent non seulement permettre à l'apprenti d'améliorer la qualité de ses solutions mais surtout d'affiner la pertinence de son processus de raisonnement.

Travailler sur le passé permet de se placer sur une échelle de temps différente de celle de l'apprentissage car le novice n'a pas à générer des solutions de manière autonome. Il cherche à expliquer des solutions existantes avec son propre mode de raisonnement. Dans cette approche, nous obtenons une accélération de la transmission des connaissances mais le cogniticien ne devient pas un expert.

En apprenant à faire le travail de l'expert, ce dernier (concepteur d'outillage expérimenté) est valorisé car il se trouve dans un contexte proche du mode de transmission naturel, l'apprentissage. Le relationnel entre le cogniticien et l'expert est prépondérant pour obtenir une représentation fidèle de l'expérience de l'expert. La valorisation de l'expert ne doit pas être oubliée, leur savoir-faire est une partie de leur histoire.

Modèle d'organisation des connaissances

L'organisation des connaissances est le lien entre les connaissances acquises et leur réutilisation. Elle doit permettre de modéliser les connaissances et de les structurer. Les connaissances sur le processus de conception des outillages doivent être organisées.

Les connaissances issues de chaque cas doivent être généralisées pour être applicables dans l'ensemble des cas ou à une famille de cas. Les connaissances sont donc structurées en familles de cas. A chaque famille, un processus de conception est défini. Les séquences du processus doivent permettre de résoudre un problème de réalisation de la pièce. Une séquence peut combiner trois types d'activités : analyser un problème, élaborer une procédure de résolution du problème et générer une solution.

Les règles valides pour une séquence doivent être exprimées en généralisant les cas rencontrés. Leurs conditions d'emploi doivent être validées scientifiquement.

Les termes utilisés pour la description des étapes de conception doivent être expliqués.

Nous obtenons alors l'organisation des connaissances sous différentes formes représentées figure 3.

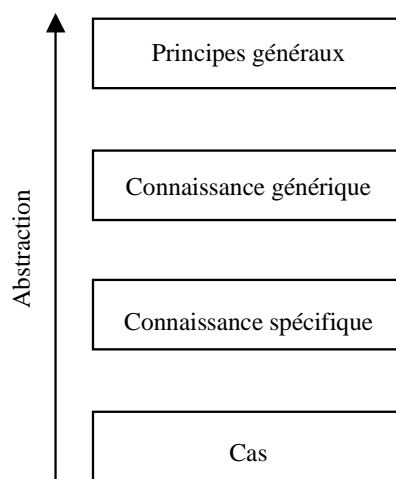


Figure 3. Différents types de connaissances.

L'ensemble de ces séquences aboutit à la définition d'un cahier des charges détaillé (résultat de la pré-conception) qui permettra d'atteindre l'objectif de la conception. Ce cahier des charges sert de base à la définition détaillée (réalisée en interne ou sous-traitée) puis à la réalisation et enfin à la mise au point de l'outillage.

Réutilisation des connaissances

La réutilisation des connaissances a pour objectif de mettre à disposition du concepteur les informations utiles et sécurisantes pour la réflexion. Les informations mises à disposition doivent retracer la progressivité de niveau nécessaire au novice. Or, cette progressivité n'est plus apparente dans le résultat de l'organisation des connaissances.

Une conception comprend une partie générale obtenue en explicitant l'origine et la définition des situations et des descripteurs composant le modèle d'organisation des connaissances. Cette approche conduit à définir un module d'aide à l'utilisation des bases de connaissances.

Une conception comprend une partie d'analyse systématique. L'objectif de cette analyse est de définir les instructions élémentaires (règles et procédures) à suivre pour traiter une séquence. Cette analyse traite des informations non spécifiques à un cas.

Une conception comprend une partie singulière. Pour la traiter, il faut mettre à disposition l'ensemble des parties singulières déjà utilisées pour des conceptions proches (exemples de référence). Ce type de connaissance n'est pas modélisé par une combinaison de l'ensemble des instructions élémentaires, vu la quantité de données nécessaires pour une situation unique. Leur adaptation par le concepteur génère la partie singulière de la nouvelle solution. La mise à disposition des singularités lors d'une nouvelle conception est bénéfique si chaque singularité est retrouvée par son contexte.

Nous obtenons alors la représentation des connaissances sous ces trois formes :

- un module d'aide et une structuration du processus de conception,
- une base de règles,
- une base de cas.

Dans le cadre de l'application avec l'Aérospatiale, une application informatique d'aide à la conception des outillages pour l'emboutissage a été développée : SCORE (Système d'Aide à la Conception des Outillages basé sur la réutilisation de l'Expérience). Le raisonnement à partir de cas est utilisé de 2 manières pour la recherche de solutions et pour leur vérification. Le logiciel commercial Kate a été utilisé pour le raisonnement à partir de cas.

Cette application aide le concepteur à définir des solutions de principe en combinant les règles et les cas mais elle permet aussi de définir un chiffrage de la solution (figure 4).

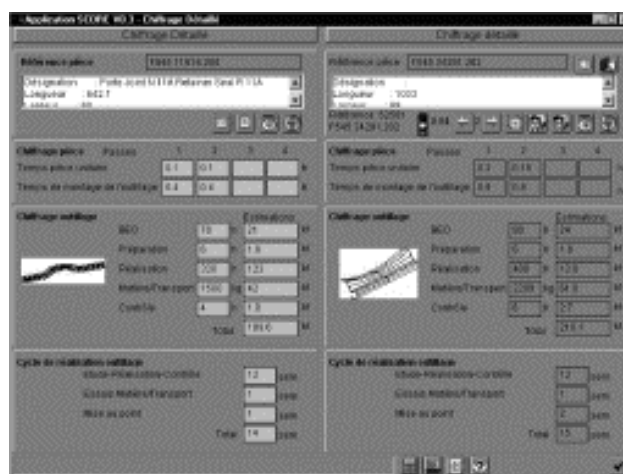


Figure 4. Ecran de chiffrage de SCORE.

Conclusion

Les apports de nos travaux sur ce thème portent particulièrement sur la mise en œuvre combinée de différentes techniques d'intelligence artificielle au service d'applications opérationnelles. Pour ce faire, nous proposons une approche pour acquérir et modéliser les connaissances. Ces travaux se trouvent alors en conception et à l'interface avec l'intelligence artificielle.

Ce thème de recherche a été principalement supporté ces dernières années par la thèse de doctorat de Bernard Duprieu. Ces travaux ont donné lieu à 2 publications et à 8 communications avec actes. Pour plus de détails sur cette activité de recherche, la publication [O2] illustre l'état des réflexions à la fin de ma thèse et la communication [C17] est significative des travaux de thèse de Bernard Duprieu. Ces documents sont joints en annexe.

2.2. Compétences en production : aide à la planification des opérateurs (thèse de L. Franchini)

Problématique industrielle

L'environnement économique actuel pousse les entreprises à gérer des produits de plus en plus personnalisés suivant les besoins des clients. Les délais pour la livraison imposés par les clients devenant de plus en plus courts, la phase de personnalisation doit être tirée par les commandes alors que les phases amont peuvent être gérées globalement sur la base de prévisions. Si les phases gérées sur la base des prévisions permettent un lissage de la charge, par contre la personnalisation (proche de la livraison) subit les variations des commandes. On peut aussi avoir la même approche avec des produits à forte valeur ajoutée dont on veut éviter tout stock à l'état fini.

Dans ce contexte, il est alors nécessaire de planifier avec un horizon moyen terme les possibilités des ressources pour faire face aux variations de charge. La gestion des opérateurs de production pose des difficultés particulières en termes de capacité (journalière, hebdomadaire, cumul d'heures supplémentaires, etc.), de variations de capacités et de compétences ainsi que de définition d'horaires de travail. On peut également souhaiter gérer finement les ressources humaines parce qu'elles sont importantes en termes de coût de revient ou parce qu'elles sont critiques.

La gestion des opérateurs doit être effectuée dans le cadre réglementaire de la législation du travail. La législation offre de nouvelles possibilités (par exemple, par l'application de la loi Robien ou de la loi Aubry), mais la question se pose de l'utilisation efficace de ces nouvelles possibilités afin d'organiser au mieux la production. En effet, plus de possibilités en gestion impose plus de rigueur pour la planification.

Problématique de recherche

A partir de ces considérations, de nombreuses problématiques de recherche peuvent être développées. Citons notamment la modélisation des compétences des opérateurs, la planification et l'affectation des opérateurs, l'évaluation des solutions et le développement de méthodes et d'outils d'aide à la décision.

La thématique de recherche sur la modélisation des compétences des opérateurs repose sur les travaux de la modélisation et l'évaluation des systèmes de production. Il faut noter les travaux réalisés par différents laboratoires de recherche français sur ces thèmes comme le GRAI (Bordeaux), le LGIPM de Metz, celui de l'Ecole d'Ingénieurs de Tours et celui de l'ENSMM de Besançon. Les premières thèses dans ces domaines ont traité de l'étude des postes de travail (Ortiz-Hernandez, 1995), de l'identification des compétences (Harzalla, 2000) et de la constitution des équipes autonomes de production (Jia, 1998).

Des travaux sur la planification et l'affectation des activités aux opérateurs ont été réalisés au LGP de Tarbes. Ils ont principalement porté sur le suivi de la charge des opérateurs et la définition des possibilités d'affectation des ressources humaines (Grabot et al., 2000).

Ces travaux s'accompagnent de développements avec des sociétés éditrices de logiciels de gestion industrielle et de ressources humaines.

Propositions

Depuis 1997, nous avons retenu la planification des compétences comme thème de recherche. En effet, la recherche sur les compétences poursuit nos travaux sur les connaissances et l'application en gestion de production s'inscrit dans nos activités d'expertise industrielle (LOGIC et ANVAR) et d'enseignement. Notre objet est de proposer des indicateurs sur le mode de gestion des opérateurs et une aide à la décision pour la planification et l'affectation des opérateurs pour les niveaux moyen terme et court terme.

Nous proposons une démarche en quatre étapes :

- définition des compétences des opérateurs,
- calcul des besoins en compétences,
- affectation des capacités des opérateurs,
- évaluation des résultats.

Cette démarche impose la modélisation du besoin en compétences par commande, l'expression des compétences du personnel (avec des notions de multi-compétence et de maîtrise de la compétence), et la modélisation des contraintes de capacité et de possibilité de variation de capacité des opérateurs.

Définition des compétences des opérateurs

Un préalable nécessaire à l'affectation du personnel est la définition des compétences des opérateurs. Un opérateur peut avoir plusieurs compétences reconnues. Un opérateur a aussi un calendrier prédéfini qui doit pouvoir évoluer en intégrant les modes possibles admis par la réglementation en vigueur dans l'entreprise (droit du travail, accord de branche, accord d'entreprise). Ces réglementations ont des conséquences directes sur les degrés de flexibilité d'heures supplémentaires, de modulation d'horaires, de chômage partiel notamment.

Calcul des besoins en compétences

L'ensemble des commandes reçues ou prévues doit être transformé en planning de charge pour les opérateurs suivant la gamme de production et les temps de production estimés.

La définition des compétences nécessaires a été associée aux types d'opérations par ressource technologique.

A partir des types d'activités menées par les opérateurs, nous définissons les compétences nécessaires à l'accomplissement de celles-ci. Nous avons particulièrement défini les compétences opérationnelles (voir figure 5).

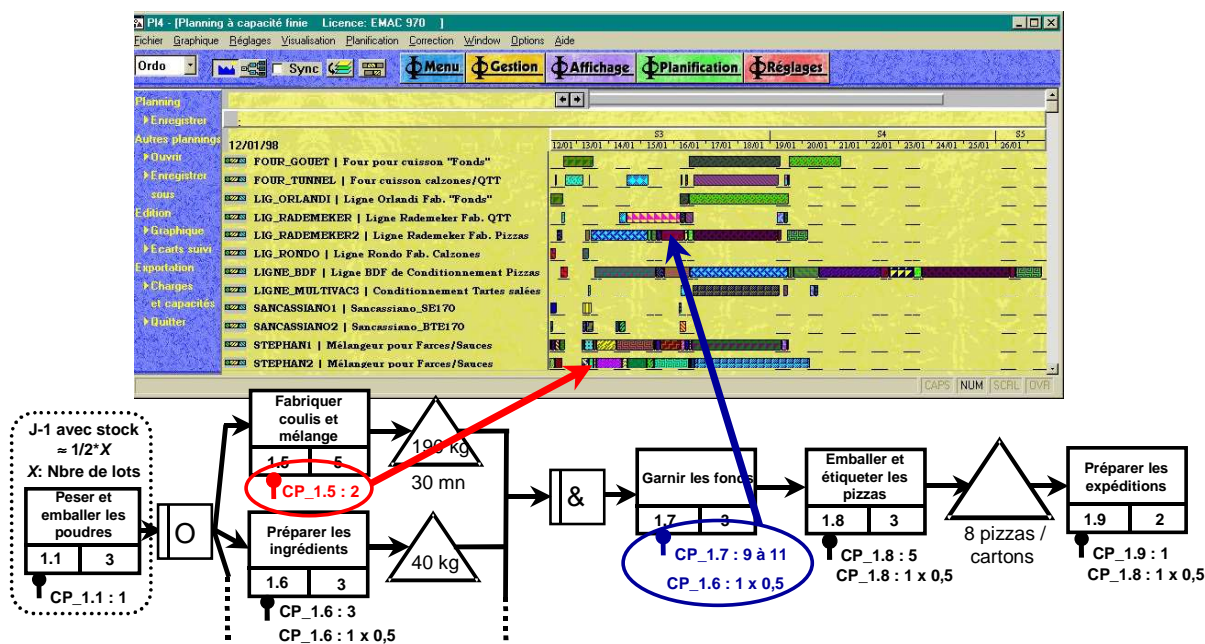


Figure 5. Exemple de modélisation pour une ligne de fabrication alimentaire.

Associer les compétences nécessaires aux machines nous permet d'utiliser les résultats d'une planification avec un logiciel d'ordonnancement, mais aussi de nous fournir un indicateur sur les compétences requises. Nous pouvons ainsi avoir simplement (sans saisie particulière) une définition des besoins en compétences sur la base d'une démarche classique d'ordonnancement.

Avec ce modèle, nous calculons le besoin en compétences à partir du plan de charge des commandes, période par période. Nous convertissons le plan de charge sur une période en nombre de personnes pour une compétence donnée. Nous obtenons alors la courbe de charge par compétence.

Affectation des capacités des opérateurs

Cette phase classique d'affectation de ressources à une tâche pose des difficultés particulières en raison des compétences multiples et des différents niveaux de responsabilité ainsi que, éventuellement, des dimensions critiques d'équipes de travail.

Cette affectation peut être faite grâce au modèle des compétences opérateur qui définit une priorité dans les compétences des opérateurs. Un plan de charge "affecté" est alors obtenu. Parmi les approches possibles, nous retenons celle par satisfaction de contraintes qui nous semble être un bon compromis entre la facilité de modélisation et l'efficacité de la résolution.

Evaluation des résultats

Nous étudions tout d'abord les caractéristiques du plan de charge en termes de moyenne, d'extrema, d'évolution mais surtout de variation entre deux périodes. De plus, les besoins en compétences doivent être analysés en fonction des types de contrats. Ces premières constatations permettent d'évaluer globalement l'adaptation de l'effectif ayant les compétences requises avec la charge de travail. En cas d'écart importants, il est nécessaire de prévoir des dispositions d'ajustement des capacités avec la charge telle que l'embauche, la formation, la reconversion, etc.

Afin d'expérimenter la gestion des charges opérateur, nous avons choisi d'intégrer celle-ci dans un progiciel d'ordonnancement (IO™ de la société Césium) ; cela permet d'avoir accès à un planning à capacité finie nécessaire à notre étude. Le choix d'exploiter un progiciel existant plutôt que de développer complètement un logiciel a aussi plusieurs autres avantages : accès à des données réelles d'industriels, retour des remarques des industriels, etc. Ce prototype valide notre méthode à partir de données réelles (calcul de la charge par compétences, analyse des évolutions de la charge et visualisation du respect des contraintes).

La définition des profils des opérateurs par compétence liés aux opérations et donc aux ressources permet alors d'obtenir le profil de la charge en compétence (illustrée dans le cas industriel sur la figure 6).

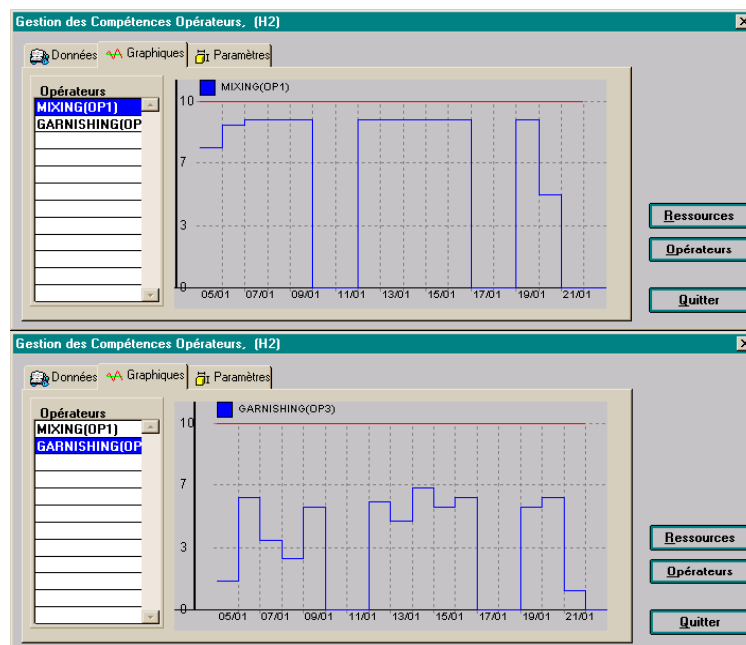


Figure 6. Affichage du calcul de la charge en compétence opérateur.

Ce type de courbe (figure 6) sert d'indicateur pour le besoin en compétences et peut alors être interprété pour faire une affectation. Les compétences considérées comme sensibles peuvent dans ce cas être planifiées comme les autres ressources.

Actuellement, l'affectation et l'ajustement en fonction du calendrier dynamique des opérateurs n'ont pas été implantés dans le logiciel mais font l'objet d'études. Les aspects de définition d'horaires et d'affectation ont été développés par Lionel Franchini en utilisant des techniques de programmation linéaire et de satisfaction de contraintes.

Conclusion

Les principaux apports de ce travail sont la définition d'une approche globale pour définir la planification des opérateurs de production. La première étape est une modélisation hiérarchisée des compétences permettant de lier une analyse fine et une vision plus classique des responsables de production. La planification des besoins en compétences et la définition des besoins en nombre d'opérateurs constitue le deuxième apport important de ces travaux. Enfin, les travaux initiés sur l'affectation des opérateurs en intégrant les contraintes horaires, leurs compétences et leurs souhaits nous a conduit à définir des indicateurs appropriés pour le compromis entre la satisfaction de l'entreprise et la satisfaction sociale.

Ce thème de recherche a été mené dans le cadre de la thèse de Lionel Franchini soutenue le 14 novembre 2000. Ces travaux, initiés en 1997, ont donné lieu à 2 publications et à 7 communications. Pour plus de détails, la publication [P3] est jointe en annexe.

2.3. Ingénierie intégrée et gestion industrielle étendue

Les travaux présentés en partie 2.1 et 2.2 reposent sur des travaux de doctorants et sont directement liés à des applications industrielles. Dans cette partie 2.3, nous présentons les thèmes de recherche sur lesquelles nous avons menés plusieurs réflexions (validées par des communications et des publications) hors des thèses de doctorat et sans mise en œuvre de solutions informatique à l'échelle industrielle.

Les travaux sur l'ingénierie des connaissances pour la conception des outillages nous ont permis d'envisager leur extension à la réactivité en développement des produits dans une logique d'ingénierie intégrée. Ces travaux ont porté sur le partage des connaissances, la maîtrise des risques pour le développement des produits et la gestion des compétences des projets de conception.

Les travaux en planification des opérateurs nous ont permis d'aborder la dimension de l'entreprise étendue dans le cadre d'une application à une coopérative agricole. Sur la base du travail du mémoire CNAM de C. Passemard sur la définition de solutions internet, nous avons proposé une démarche de définition de gestion industrielle étendue applicable en PMI.

2.3.1. Ingénierie intégrée

L'ingénierie intégrée (Concurrent Engineering) a pour objectif de réduire les délais et les coûts tout en améliorant la qualité des produits développés. B. Prasad dans (Prasad, 1996 et 1997) en décrit les principes : parallélisation des groupes de travail, décomposition du produit en projets parallèles, gestion des ressources, actions concurrentes, communications transparentes, minimisation des interfaces et actions rapides. Les connaissances, la coopération et la réactivité constituent la base de l'ingénierie intégrée. Dans ce cadre, T. Boudouh dans (Boudouh, 2000) propose une méthodologie de modélisation du cycle de développement de produit. En complément, nous avons particulièrement développé les notions de connaissances ainsi que d'évaluation de performances et de risques.

2.3.1.1. Connaissances et ingénierie intégrée

Si les principes de l'ingénierie intégrée sont simples, leur mise en œuvre est plus difficile. Celle-ci suppose le développement de méthodes et d'outils adaptés. Les premières étapes du développement de produit sont aujourd'hui suivies par une phase de validation des procédés par des experts. Cela permet aux concepteurs des produits, d'intégrer au plus tôt les contraintes des procédés (fabrication, assemblage, logistique, etc.). En réalité, cette coopération est délicate car au savoir scientifique des ingénieurs concepteurs (simulation numérique par exemple), s'oppose l'expérience des techniciens connaissant les procédés. Tant que le savoir-faire des procédés n'est pas mis sous une forme explicite et (qui paraît) rationnelle, il n'est pas toujours pris en compte. Les limites, la pertinence et la communication des connaissances doivent être définis pour permettre la mise en œuvre de l'ingénierie intégrée.

Les supports informatiques liés à l'aide à la conception (CAO, SGDT, configurateurs par exemple) connaissent une intégration de plus en plus forte de l'ensemble des connaissances (voir par exemple la version 5 de CATIA ou la nouvelle version de Caméléon). La mise en œuvre industrielle de ces outils impose le développement de méthodologies appropriées.

Nous avons défini une approche de méthodologie de gestion des connaissances pour l'ingénierie intégrée (MEKECE : METHodology for Knowledge Engineering in Concurrent Engineering). Cette approche suppose la capitalisation des connaissances des différents métiers et l'analyse des connaissances qui doivent être mises à la disposition des autres métiers. Nous proposons 5 étapes :

- formalisation et validation des connaissances de chaque étape de développement de produit,
- identification des connaissances ayant un effet de seuil sur le développement,
- analyse des conditions de ces connaissances et identification des étapes du développement qui en sont à l'origine,
- expression de ces conditions comme des contraintes utilisables par les étapes précédentes,

- utilisation de ces contraintes pour limiter l'espace de solution d'une étape du processus de développement de produit.

Différents travaux ont initié cette thématique. La communication [C13] illustre ces travaux.

2.3.1.2. Performances et risques en ingénierie intégrée

Pour améliorer la qualité des solutions, pour gérer l'apparition des risques en conception ou pour limiter leurs effets, différentes solutions existent (utilisation d'une méthodologie de conception (Pahl et Beitz, 1996), (Grabowski et al. 99), ou de management des risques (Courtot, 1997)).

Une des voies est de formaliser et de rendre disponible la connaissance des différentes étapes du développement du produit (voir la partie sur les connaissances en ingénierie intégrée). Une autre voie consiste à utiliser les prototypes physiques. Enfin, la performance et la maîtrise des risques passent aussi par la constitution d'équipes projets efficaces.

Pour chaque type de projet de développement, les risques doivent être identifiés, leur gravité et leur probabilité d'occurrence estimées. Les conséquences des risques sont alors évaluées en fonction des coûts, délais et non qualité induits. Les technologies de prototypage rapide réduisent certaines composantes du risque, mais du fait de l'introduction d'un maillon supplémentaire dans la chaîne de développement, contribuent également à rajouter des incertitudes.

Les communications [C10], [C16] et [C18] détaillent les réflexions menées sur ce thème.

La publication [P4] synthétisant les travaux résumés dans la partie 2.3.1 est jointe à ce document.

2.3.2. Gestion industrielle étendue

Pour se développer et être réactives, les entreprises doivent optimiser l'utilisation de leurs ressources et leurs échanges d'informations internes et externes.

La maîtrise de l'information prend alors toute son importance pour :

- clarifier sa stratégie par une veille micro et macro-économique,
- anticiper les développements de nouveaux produits par une veille technologique et une étude des tendances politico-légales (contraintes, aides),
- acquérir une organisation flexible, réactive et communicante par une information continue des processus de production et une gestion transversale des circuits d'information, par l'optimisation de ses échanges d'informations avec l'environnement, par l'évaluation de ses performances et par la capitalisation de ses connaissances.

La gestion industrielle de l'entreprise doit intégrer ces différentes dimensions en ayant recours, suivant ses besoins, aux outils permettant la gestion des processus (Groupware, Workflow), le partage

des données (SGBD, SGDT, GED), la capitalisation de l'expérience (Datawarehouse, raisonnements à base de cas, systèmes experts et autres outils d'aide à la décision) dans le cadre de réseaux distribués (Internet, Messagerie électronique, EDI). Une infrastructure de système d'information intégré sur la base d'Intranet / Extranet permet de répondre à ces besoins en gestion industrielle en assurant une continuité entre l'information interne et l'information externe par la cohabitation de systèmes hétérogènes et distribués.

Dans cette optique, le développement d'une gestion industrielle dans une PMI doit aujourd'hui prendre en compte une vision dynamique et ouverte du système d'information (interne et externe). C'est pourquoi nous proposons une démarche de définition d'une gestion industrielle sur la base d'Intranet / Extranet. Cette démarche est illustrée par son application dans une coopérative agricole et par une présentation de l'architecture du système. L'objectif de la démarche de définition de la gestion industrielle est l'élaboration d'un cahier des charges.

La démarche que nous proposons comporte 3 étapes :

- identification des orientations de l'entreprise et leur déclinaison en termes d'objectifs pour le système de gestion industrielle,
- analyse du système d'information actuel par interview et modélisation,
- conception suivant deux aspects complémentaires : la conception du système d'information interne et celle du système externe.

La coopérative occupe une place charnière pour un réseau de producteurs et donc de petites entreprises, initie et fait vivre un projet de développement. Elle implique avec elle ses fournisseurs privilégiés (coopérateurs) avec qui elle partage informations, savoir-faire, compétences et surtout objectifs stratégiques.

Ce travail est illustré par la publication [P2] jointe à ce document.

2.4. Bilan et conclusion

Les thèmes de recherche ont été présentés en séparant les aspects conception des aspects gestion de production. Dans nos travaux, ces thèmes de recherche sont bien sûr liés à travers les ressources humaines qui supportent les activités de conception et de production. En effet, s'intéresser à des experts en conception revient à identifier les compétences pour les capitaliser. Si on utilise plus souvent le terme de connaissances en conception, c'est sûrement parce que le produit issu de la conception est immatériel. Etant donné l'effort nécessaire pour capitaliser les connaissances en conception, il est d'abord nécessaire d'identifier les "compétences critiques" (Le Boterf, 1999). On pourrait alors utiliser une modélisation des processus de conception proche de celle que nous avons proposée pour l'analyse des processus de production (voir figure 5). Par contre, en production, il est

difficile de traiter de capitalisation car la compétence repose plus sur un savoir-faire (action physique) que sur des connaissances tacites (décisions basées sur des informations).

Dans cette deuxième partie, nous avons distingué les travaux qui ont fait l'objet de thèses de doctorats et ceux liés à des réflexions et à leurs extensions vers les notions de coopération et de réactivité. Les premiers ont été validés par des applications industrielles et des résultats en termes de publications mais ils ont surtout servi de support aux travaux de deux doctorants (Lionel Franchini et Bernard Duprieu) qui ont réussi à développer efficacement ces thèmes. L'extension des travaux de conception d'outillages à la conception de produits est en cours (thèse de K. Hadj Hamou).

Ces thèmes recueillent aujourd'hui le soutien d'industriels dans le cadre de projets nationaux et internationaux qui devraient permettre de développer ces activités dans les prochaines années. La suite la plus évidente à ces travaux est leur application à d'autres secteurs d'activité ayant d'autres spécificités (par exemple le domaine automobile pour la conception des outillages ou les Centres d'Aide par le Travail pour la planification des compétences).

Enfin, ces différents travaux nous ont permis d'acquérir les bases nécessaires pour prolonger une activité de recherche dans les domaines des connaissances et des compétences avec des applications en aide à la décision appliquée en conception et en gestion de production. Deux thématiques se distinguent : l'une concerne la réactivité par la coopération entre plusieurs activités illustrée par l'ingénierie intégrée (concurrent engineering) et l'autre la réactivité par la coopération au sein d'une activité.

PARTIE 3. PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Nous considérons que l'objectif de réactivité intègre les aspects de compétences (donc de connaissances), de coopération, d'évaluation de performance dans un contexte de risque. En effet, le risque peut être défini comme un événement redouté dont l'occurrence peut entraîner des dommages, la réactivité comme la capacité à utiliser des leviers de flexibilité pour faire face dans un délai donné à un événement (éventuellement redouté) et la coopération comme un mode d'organisation permettant une amélioration de la performance et de diminution des risques par une mobilisation commune de connaissances. Ces notions sont donc liées et leurs relations doivent être explicitées (voir figure 7).

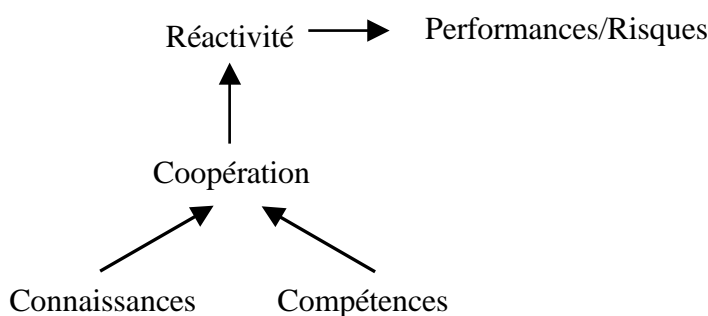


Figure 7. Réactivité par la coopération.

Nous souhaitons mettre en valeur les conditions nécessaires à la réactivité (coopération, connaissances, compétences), aider cette réactivité et contribuer à son évaluation (performances, risques). Les domaines d'application que nous souhaitons étudier sont la conception dans un environnement d'ingénierie intégrée et la production manufacturière soumise à de fortes contraintes de réactivité.

Ces études s'inscrivent dans un ensemble d'évolutions du monde industriel.

La complexité des produits, le raccourcissement des délais et le recentrage sur les métiers conduit à une croissance du besoin en coopération et à une croissance de la complexité de son organisation. Un processus global d'action collective peut être décomposé (Sardas et al., 2000) en activités coopératives (les acteurs travaillent ensemble sur un même sujet et la performance dépend de la qualité de la coopération) et en activités non tournées vers la coopération (suite à une distribution du travail, les acteurs peuvent travailler isolément). Le traitement des aléas nécessite des activités coopératives si une action locale est suffisante ; sinon une décision de plus haut niveau peut être nécessaire conduisant éventuellement à une réorganisation de l'activité et/ou une redéfinition des objectifs.

La réactivité de l'entreprise nous semble dépendre fortement de l'évolution du rôle des acteurs vers plus d'autonomie (de Terssac et al., 1996) et de responsabilité. Ceci rejoint alors la thématique de la gestion par les compétences (Zarifian, 1999).

Ces études s'ancrent sur les travaux réalisés et en cours.

Les travaux sur l'ingénierie des connaissances pour la conception des outillages et leur extension à l'ingénierie intégrée nous permettent d'envisager leur application industrielle pour assurer une réelle coopération dans une logique de réactivité.

Les travaux sur la gestion industrielle (incluant ceux sur la planification des compétences des opérateurs) servent de base pour des travaux sur la réactivité en production. En effet, les travaux réalisés sur la planification des compétences en production reposent principalement sur l'analyse des savoir-faire des opérateurs et leur aptitude à réaliser une activité. Cette notion peut être étendue en utilisant les compétences de réaction et de coopération face aux aléas. L'évaluation des modes de réactivité de production doit également être définie.

Afin de donner une vision synthétique de ces perspectives de recherche, nous les présentons suivant les modes de coopération : entre plusieurs activités ou au sein d'une activité. Nous considérons qu'une activité correspond à la réalisation d'une tâche par des ressources socio-techniques (ayant une compétence collective) dans le cadre d'une finalité identifiée (d'après El Mamhédi, 2000).

3.1. Réactivité par une coopération entre plusieurs activités : application à l'ingénierie intégrée (Concurrent Engineering)

Ce type de réactivité peut impliquer plusieurs entreprises. Cette situation devient courante en conception (par exemple, par la participation des équipementiers en conception de produit) induisant des coopérations entre différents métiers. En gestion de la production, une dimension importante est évidemment la maîtrise de la chaîne logistique (axe de recherche notamment développé au centre Génie Industriel de l'EMAC par Hervé Pingaud et Jacques Lamothe). Pour cibler notre propos, nous nous concentrons sur la réactivité en conception par une approche d'ingénierie intégrée. Nos travaux sur les procédés (usinage, emboutissage) et nos premiers travaux sur l'ingénierie intégrée constituent une base pour aborder les notions de réactivité par la coopération entre plusieurs activités sur des applications industrielles. Les différences marquées en termes de connaissances (et de compétences) entre les activités rendent plus délicats leur partage et l'évaluation globale de la réactivité (notamment par une évaluation des risques).

3.1.1. Partage des connaissances en ingénierie intégrée

L'approche que nous avons proposée en partie 2.3.1. (MEKECE) implique un partage des connaissances (ou plus exactement un apprentissage croisé (Hatchuel, 1996)). Ce partage est à la base de la coopération et donc de la réactivité en conception.

Cette méthodologie doit aujourd'hui être développée avec les contraintes suivantes. Elle devra s'intégrer dans le cadre des travaux menés s'orientant vers une représentation unifiée des connaissances (MOKA, 2000). Elle devra proposer un cadre structuré d'expression des connaissances reposant sur des modèles de la démarche de conception et du produit et permettant de réutiliser l'expérience organisée sous différentes formes utiles pour sa réutilisation (cas, règles, contraintes, etc.). Les nouveaux outils apportent des solutions de réutilisation qu'il faudra savoir alimenter en connaissances. Par exemple, une application en cours avec Siemens Automotive (thèse de Khaled Hadj Hamou) repose sur l'utilisation de l'approche par propagation de contraintes dans le cadre d'un configurateur de produits. L'évolution des connaissances et la génération des connaissances induite par le partage doivent également être prises en compte.

Une piste de recherche concerne le développement d'une méthodologie de gestion des connaissances (ingénierie et partage des connaissances) dédiée à l'ingénierie intégrée et supportant différentes formes de représentation des connaissances.

3.1.2. Performances et risques en ingénierie intégrée

Pour chaque type de projet de développement, les risques doivent être identifiés et leur probabilité d'occurrence estimée. Les conséquences des risques sont alors évaluées en termes de coût, délai et non qualité induits.

Une piste de recherche pourrait être la définition d'une méthodologie de gestion des risques et de pilotage de la performance en conception intégrée. L'objectif serait l'étude de la réactivité des activités impliquées. Cette approche pourrait synthétiser les méthodologies de gestion des connaissances et de gestion des risques qui nous semblent proches. De plus, la coopération entre plusieurs activités impose la mise en œuvre de connaissances spécifiques et disjointes, elle est donc plus délicate que pour une activité unique. L'évaluation de cette coopération doit être réalisée pour être gérée. La disparité des connaissances entrant dans la constitution d'une équipe d'ingénierie intégrée impose la prise en compte de manière plus marquée de caractéristiques des compétences impliquées autres que le savoir et le savoir-faire.

En conclusion, les pistes de recherche concernent l'évaluation de la performance et des risques en ingénierie intégrée, notamment pour les aspects de réactivité par la coopération et de partage de connaissances.

3.2. Réactivité par une coopération au sein d'une activité

Ce type de réactivité concerne l'interaction entre plusieurs personnes d'une même activité (production par exemple). Nous analysons cette forme de réactivité comme la nécessaire combinaison de compétences. Les travaux que nous souhaitons mener dans ce domaine portent sur l'analyse des conditions nécessaires à la réactivité, l'aide à la réactivité et l'évaluation de ces modes de réactivité.

3.2.1. Problématique

La réactivité par la coopération repose sur l'identification des qualités individuelles et collectives. La compétence doit alors être considérée dans un sens plus large que celui utilisé en 1.2. En effet, la compétence individuelle doit non seulement intégrer la mise en œuvre de connaissances dans un contexte professionnel mais aussi la capacité à faire face à des événements inhabituels ainsi que la capacité de travailler ensemble dans un cadre temporel et décisionnel défini.

Le développement et la maîtrise de la réactivité impliquent non seulement une compétence individuelle mais aussi une compétence collective facilitant la communication et la coopération. La coopération doit être comprise au sens de la collaboration coordonnée (ou complexe) définie par Ferber (1995) comme une interaction avec des buts compatibles, des ressources et des compétences insuffisantes. La constitution des équipes devant mener à bien une activité peut alors être considérée comme importante au regard de la réactivité.

L'appartenance à une même activité devrait favoriser la coopération et donc la réactivité. Hélas, la compétition entre les différents acteurs risque de limiter fortement ces aspects positifs. Pour être efficace, la coopération doit donc être perçue par chacun des acteurs dans une logique gagnant/gagnant. La réactivité de l'activité devra donc être intégrée dans la perception de l'évaluation par chacun.

3.2.2. Pistes de recherche

Identification des conditions nécessaires à la réactivité

La première aide à la réactivité est la définition de son cadre de décision. La notion de prescription (ou de contrainte) portant sur l'activité doit être analysée pour identifier l'autonomie laissée à la coopération pour une action coopérative. Il faut noter que même pour une activité fortement contrainte, la coopération existe pour la réactivité.

Une piste de recherche serait l'analyse de l'effet des compétences sur la réactivité. L'identification des qualités individuelles et collectives supportant la réactivité, dont notamment la coopération, serait alors étudiée.

La difficulté d'identification de ce type de compétences et la définition des combinaisons de compétences qui entraînent une bonne efficacité de l'équipe posent problème. Parmi les facteurs à étudier figurent les notions d'autonomie et de responsabilité collective, ainsi que la facilité de communication (géographique ou supportée par des outils d'échange d'information ou de travail collectif). L'existence de recouvrement et de complémentarité de connaissances (discipline scientifique, produit, procédé, organisation, ...), de culture (d'entreprise, régionale, nationale) et de personnalité des acteurs impliqués doit aussi être un facteur influent.

La condition nécessaire pour une bonne coopération nous semble être un compromis entre la complémentarité et la similarité des compétences impliquées dans l'activité. L'étude de la sollicitation de la coopération par un événement nous paraît être un moyen de l'analyse des conditions nécessaires de la réactivité. Sur la base de nos travaux passés, les domaines d'études seraient les activités de conception et de production.

Aide à la réactivité

L'aide à la réactivité par la coopération au sein d'une activité suppose la mise en place et la gestion de l'évolution des compétences de l'activité. Notamment, la constitution de l'équipe supportant l'activité doit être assistée. L'évolution de l'activité doit être intégrée pour que cette constitution soit robuste aux événements. La gestion des compétences individuelles doit permettre d'accroître la réactivité. Les parcours des individus doivent donc contribuer au développement de leur compétence de réactivité.

Le développement de méthodes et d'outils d'aide à la coopération dans un objectif de réactivité nous apparaît nécessaire. Quelques outils ont été développés notamment en conception (Boujut et al., 2000) mais peu en production.

Une piste de recherche est le développement d'outils supportant la réactivité d'une activité par la coopération ainsi que leur mise en œuvre. Nous considérons que pour réaliser un travail significatif, ce type de recherche ne peut être effectué qu'en liaison avec un projet industriel.

Evaluation de la réactivité

Nous croyons que l'évaluation des performances d'un système industriel réactif utilisant les leviers des compétences est un sujet important. La coopération doit permettre de limiter le risque et d'améliorer la performance industrielle conséquence d'une réactivité induite par une prise de décision décentralisée (par rapport à une approche centralisée) (Campagne et al., 2000).

Il faut toutefois valider industriellement ces idées car il nous semble nécessaire d'étudier la performance et le risque :

- de l'activité soumise à des événements,

- de la coopération,
- de la gestion des compétences de réactivité.

3.3. Axes de recherche

3.3.1. Hiérarchisation des axes de recherche

Dans cette partie, nous avons insisté sur les dimensions à donner à notre activité de recherche dans les prochaines années. Il est évident que les perspectives de recherche les plus immédiates consistent en la poursuite des activités en cours et en leur application à d'autres domaines. Par exemple, des thématiques comme la conception des outillages d'emboutissage pour l'automobile intègrent d'autres types de connaissances et ces activités d'industrialisation sont réalisées dans un cadre différent de celui de l'industrie aéronautique et avec une autre approche de l'ingénierie intégrée. Nous avons choisi le parti de pousser notre réflexion plus loin pour positionner nos activités dans un cadre plus ouvert.

Ces perspectives de recherche ont été structurées suivant le nombre d'activités impliquées dans la coopération pour la réactivité. Pour la coopération entre plusieurs activités, nous avons insisté sur l'ingénierie intégrée. Pour rapprocher les notions de gestion de projet (de conception) et de gestion industrielle, un travail serait également nécessaire.

Pour tenter de hiérarchiser les thématiques de recherche suivant le travail qu'il nous reste à produire et leur complexité, les pistes de recherche que nous envisageons d'explorer sont donc :

1. l'extension des travaux réalisés à d'autres domaines (autre secteur d'activité, autre activité) comme par exemple l'intégration des contraintes de traitement thermique dans la conception des pièces ou la planification des ressources humaines dans les Centres d'Aide par le Travail.
2. le développement d'une méthodologie de gestion des connaissances dédiée à l'ingénierie intégrée prenant en compte l'évaluation des performances et les risques.
3. l'étude de la réactivité par la coopération en développant par l'analyse des conditions nécessaires à la réactivité, le développement d'outils d'aide à la réactivité et l'évaluation des performances/risques.

L'approche proposée de coopération basée sur nos travaux sur les connaissances en conception et en production pourrait également être étendue à l'innovation comme cela est initié au sein de l'équipe de recherche CID (Conception Innovante et Distribuée) de l'UTBM (Garro, 2000). Les thèmes de recherche sur les conditions nécessaires, l'aide à l'innovation et l'évaluation de l'innovation pourraient être abordés sur la même base.

Ces travaux conduisent également à l'étude comparative des méthodes et outils supportant la conception et la production (gestion de production et gestion de projet par exemple).

Ces perspectives de recherche reposent sur différents travaux en cours d'initiation. Nous pensons qu'ils méritent plus de temps et de moyens et le développement de collaborations multidisciplinaires (notamment en ergonomie, gestion, sciences cognitives) pour obtenir de réels résultats de recherche mais, aussi, un caractère opérationnel (exprimé et validé par des industriels).

CONCLUSION

Les différents travaux de recherche que nous avons menés ces dernières années avec l'appui de doctorants portent sur les connaissances en conception (depuis 1990) et plus récemment sur les compétences en production (depuis 1997). En parallèle, nous avons conduit des réflexions sur l'ingénierie intégrée et sur la gestion de production étendue.

Nous avons replacé notre activité dans les cadres industriel et scientifique et nous avons souligné les apports principaux de nos travaux :

- ingénierie des connaissances et aide à la conception dans le domaine de la conception d'outillages ;
- identification et planification des compétences des opérateurs de production.

Nous avons présenté nos travaux de réflexion dans un objectif de réactivité par la coopération sur les thèmes de l'ingénierie intégrée et de la gestion industrielle étendue.

Au-delà de l'extension de ces résultats à d'autres domaines, nous envisageons le développement de thèmes de recherche en réactivité par la coopération avec des applications en conception et en production. Les pistes de recherche que nous envisageons d'explorer sont donc :

- le développement d'une méthodologie de gestion des connaissances dédiée à l'ingénierie intégrée prenant en compte l'évaluation des performances et des risques.
- l'étude de la réactivité par la coopération en développant les notions d'analyse des conditions nécessaires à la réactivité, de développement d'outils d'aide à la réactivité et d'évaluation des performances/risques.

Le développement des pistes de recherche dépendra principalement des projets industriels, des moyens alloués à ces thèmes et des collaborations avec d'autres chercheurs. En effet, ces travaux ne peuvent être réalisés de manière isolée. Ils doivent s'intégrer dans un centre de recherche en cours de positionnement sur la réactivité, ses outils et ses méthodes. Cette recherche doit aussi évoluer pour s'inscrire de manière originale et complémentaire dans les communautés scientifiques française et internationale.

Il faut aussi noter que le travail sur ces sujets implique une dimension éthique car c'est l'homme qui est au cœur de ces recherches.

REFERENCES

- (Aussenac et al. 1996) Aussenac N., Laublet, P., Reynaud, C., Acquisition et ingénierie des connaissances, tendances actuelles. Cepadues, 1996.
- (Bergmann et al., 1999) Bergmann R., Breen S., Goker M., Mamnago M., Wess S., Developing industrial case-based reasoning applications. Springer, 1999.
- (Boudouh, 2000) Boudouh T., Modélisation et évaluation d'organisations industrielles en ingénierie simultanée – Approche méthodologique pour la mise en œuvre de solutions en conception intégrée. Thèse de doctorat, Bordeaux1, 2000
- (Boujut et al., 2000) Boujut J.-F., Cavaillé J.-B. et Jeantet A., Instrumentation de la coopération, 2^{èmes} journées Prosper : Gestion des connaissances, coopération, méthodologies de recherche interdisciplinaires, Toulouse, 2000.
- (Campagne et al., 2000) Campagne J.-P., Sénéchal O., La coopération : motivations, apports et éléments d'évaluation, 2^{èmes} journées Prosper : Gestion des connaissances, coopération, méthodologies de recherche interdisciplinaires, Toulouse, 2000.
- (Chase et Aquilano, 1996) Production and operations management: manufacturing and services, Irwin, 1996.
- (Courtot, 1997) Courtot H., Présentation d'une grille de lecture des méthodologies de gestion des risques d'un projet, 2^{ème} Congrès Franco-Québécois de Génie Industriel, Albi, France, 3-5 septembre 1997.
- (David, 2000) David A., La recherche intervention, un cadre général pour les sciences de gestion, Conférence Internationale de Management stratégique, Montpellier, 2000.
- (de Terssac et al., 1996) de Terssac G. et Maggi B., Autonomie et conception, in Coopération et conception, Octares, 1996.
- (de Toni et al., 1998) de Toni A. and Tonchia S., Manufacturing flexibility: a literature review, International Journal of Production Research, Vol.36, N°6, pp.1587-1617, 1998.
- (El Mamhédi, 2000) El Mamhédi A., Glossaire : document de travail, GRP, Groupe Modélisation d'entreprise, 2000
- (Erol, 1999) Erol M., Prise en compte de la flexibilité dans la planification dynamique – Application à la flexibilité des ressources humaines, Thèse de doctorat INPG, 1999.
- (Farreny, 1989) Farreny H., Les systèmes experts : principes et exemples. Cepadues, 1989.
- (Ferber, 1995) Ferber J., Les systèmes multi-agents : vers une intelligence collective, Interéditions, 1995.
- (Fievez et al., 1999) Fievez J, Kieffer J.-P. et Zaya R., Méthode UVA- du contrôle de gestion à la maîtrise du profit : une approche nouvelle en gestion, Dunod, 1999.
- (Franck, 1999) Franck D., The importance of knowledge management for BMW.

- (Garro, 2000) Proceedings of ICED'99, Munich, August 24-26, 1999, Vol.1, pp. 33-40, 1999.
Garro O., rapport d'activité du CID.
<http://www.utbm.fr/web3m/m3m/site cid>
- (Grabot et al., 2000) Grabot B. et Letouzey A., Short term manpower management: new requirements and DSS prototyping, Computers in Industry, à paraître, 2000.
- (Grabowski et al. 1999) Grabowski H., Lossack R.-S., El Mejbri E.-F., Towards a universal design theory , International CIRP Design Seminar, Enschede (NL), 25-26 mars, pp. 47-56, Kluwer, 1999.
- (Harzalla, 2000) Harzallah M., Modélisation des aspects organisationnels et des compétences pour la réorganisation d'entreprises industrielles, Thèse de l'Université de Metz, 2000.
- (Hatchuel, 1996) Hatchuel A., Coopération et conception collective – Variété et crises de rapports de prescription, in Coopération et conception, Octares, 1996.
- (Jia, 1998). Jia T., Vers une meilleure gestion des ressources d'un groupe autonome de fabrication. Thèse de doctorat de l'Université de Tours, spécialité Génie Industriel, décembre 1998.
- (Kolodner, 1993) Kolodner, J.L., Case Based Reasoning. Morgan, 1993.
- (Le Boterf, 1999) Le Boterf G., L'ingénierie des compétences. Editions d'organisation, 1999.
- (MENRT, 1999) MENRT, Les outils de l'immatériel – Partager et mobiliser connaissances et compétences, MENRT-Division de la technologie, 1999.
- (MOKA, 2000) MOKA, Project homepage, <http://www.kbe.coventry.ac.uk/moka/>
- (Nonaka et Takeuchi, 1995) Nonaka I. et Takeuchi H., The knowledge creating company, Oxford Press, 1995.
- (Ortiz-Hernandez, 1995) Ortiz-Hernandez J., Les systèmes de production automatisés : une approche socio-technique. Thèse de doctorat de l'Université de Franche-Comté, 1995.
- (Pahl et Beitz, 1996) Pahl G. and Beitz W., Engineering Design: a Systematic Approach. 2nd Edition, Springer-Verlag, London, 1996.
- (Prasad, 1996) Prasad B., Concurrent Engineering Fundamentals: Vol. 1, Integrated Product and Process Organisation. One Saddle River, New Jersey, Prentice Hall PTR, 1996.
- (Prasad, 1997) Prasad B., Concurrent Engineering Fundamentals: Vol. 2, Integrated Product and Process Organisation. One Saddle River, New Jersey, Prentice Hall PTR, 1997.
- (Salvendy, 1991) Salvendy G., Handbook of industrial engineering. Wiley, 1991.
- (Sardas et al., 2000) Sardas J.-C., Erschler J. et de Terssac G., Coopération et organisation collective de l'action, 2^{èmes} journées Prosper : Gestion des connaissances, coopération, méthodologies de recherche interdisciplinaires, Toulouse, 2000.
- (Shannon, 1949) Shannon C. et al., Théorie mathématique de la communication, Retz-CEPL, Paris (traduction de 1975), 1949.

- (Soenen et Perrin, 2000) Soenen R. et Perrin J., Avant-propos, 2^{èmes} journées Prosper : Gestion des connaissances, coopération, méthodologies de recherche interdisciplinaires, Toulouse, 2000.
- (Tarondeau, 1999) Tarondeau J.-C., La flexibilité dans les entreprises, Collection Que sais-je ?, n°3477, PUF, 1999.
- (Tournesol, 2000) Tournesol T. (nom collectif), Réactivité en entreprise : une enquête, MOSIM 2001, Soumis.
- (Triomphe, 1993) Triomphe C., La flexibilité des systèmes productifs : un essai d'opérationnalisation du concept, Thèse de l'Université Jean Moulin (Lyon III), décembre 1993.
- (Trousse, 1989) Trousse B., Coopération entre systèmes à base de connaissances et outils de CAO : l'environnement multi-agent anaxagore. Thèse de doctorat en informatique, Nice Sophia-antipolis, 1989.
- (Vancza, 1999) Vancza J., Artificial intelligence in design: a survey. Proceedings of 1999 CIRP international design seminar, Enschede, March 24-26, 1999, pp. 57-68, 1999.
- (Vargas, 1995) Vargas C., Modélisation du processus de conception en ingénierie des systèmes mécaniques – Mise en œuvre basée sur la propagation de contraintes – application à la conception d'une culasse automobile. Thèse de doctorat de l'ENS Cachan, 1995.
- (Zarifian, 1999) Zarifian P., Objectif compétences, Editions liaisons, 1999.

LISTE DES PUBLICATIONS, COMMUNICATIONS ET RAPPORTS SCIENTIFIQUES

MEMOIRES

Mémoire de DEA

"Modélisation des plaques épaisses composites"

E. Caillaud

Directeur : M. Touratier (ENIT)

Rapport de DEA, spécialité mécanique, Université Bordeaux 1, 30 pages, juin 1990.

Mémoire de thèse

"Modélisation des connaissances : un outil d'aide à la conception des montages d'usinage"

E. Caillaud

Thèse de doctorat, Université Bordeaux 1, n° d'ordre 1122, 138 pages, janvier 1995.

Directeur de thèse : D. Noyes (ENIT)

Jury de thèse : P. Morlier (Université Bordeaux 1), président, R. Duchamp (ENSAM Paris, rapporteur), S. Tichkiewitch (INPG, rapporteur), G. Anglerot (CETIM Senlis), M. Cazin (CNAM), D. Guitard (Université Bordeaux 1), P. Padilla (ENIM), J. Pinte (WTCM/CRIF Louvain).

PUBLICATIONS

Publications avec comité de lecture

[P1] : "Imprecise knowledge in expert systems: a simple shell"

B. Grabot and E. Caillaud

Expert Systems With Applications, Vol. 10 (1), pp. 99-112, Ed. Pergamon, ISSN 0957-4174, 1996.

[P2] : "Définition d'une gestion industrielle étendue basée sur internet en PMI : cas d'une coopérative agricole"

C. Passemard et E. Caillaud

Revue Française de Gestion Industrielle. Vol. 17 (4) pp. 39-52, ISSN 0242-9780, 1998.

[P3] : "Planning and scheduling skills: towards a human resource management in manufacturing systems"

L. Franchini, E. Caillaud, P. Nguyen and G. Lacoste

International Journal of Agile Manufacturing. Vol. 2 (2) pp. 247-260, 1999.

[P4] : "A framework for a knowledge-based system for risk management in concurrent engineering"

E. Caillaud, R. Crossland, D. Gourc, C. Mc Mahon and L. A. Garcia

Concurrent Engineering: Research and Applications. Vol. 7 (3) pp. 257-267, 1999.

[P5] : "Collaborations PMI-Enseignement supérieur pour l'informatisation de la gestion industrielle des PMI"

E. Caillaud, C. Thierry, J. Lamothe, O. Telle et D. Gourc

Revue Française de Gestion Industrielle. Vol. 19 (2) pp. 33-55, 2000.

[P6] : "CIM and virtual enterprises: a case study in a SME"

E. Caillaud and C. Passemard

International Journal of Computer Integrated Manufacturing. Accepté (10/99).

[P7] : "Workload control of human resources to improve production management"

L. Franchini, E. Caillaud, P. Nguyen and G. Lacoste

International Journal of Production Research. Accepté (10/2000).

Contributions à des ouvrages internationaux

[O1] : "Fixture Design Process Modelling"

E. Caillaud and D. Noyes

Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering, pp. 317-325, Ed. Kluwer, ISBN 0-7923-4739-0, 1997.

[O2] : "CAD/CAM integration: An efficient approach in a fixture framework"

D. Noyes and E. Caillaud

Chapter 10 in Rapid Response Manufacturing: Contemporary Methodologies, Tools and Technologies, pp. 191-211, Ed. Chapman & Hall, ISBN 0-412-78010-0, 1998.

Revue techniques

[RT1] : "Le montage d'usinage, un savoir d'expert"

E. Caillaud, D. Noyes, G. Anglerot et P. Padilla

CETIM informations, pp. 61-66, décembre 1992.

CONGRES

Congrès internationaux avec comité de lecture et actes édités (ISBN ou ISSN)

[C1] : "Towards a simultaneous design of the part and the fixture"

E. Caillaud, D. Noyes, G. Anglerot and P. Padilla

APMS' 93, Athens, pp. 243-250, IFIP, Ed. Elsevier, ISSN 0926-5481, 1993.

[C2] : "Ingénierie simultanée : apports d'un système expert d'aide à la conception des montages d'usinage"

E. Caillaud, D. Noyes et G. Anglerot

Congrès International de Génie Industriel, IIE, Montréal, pp. 1787-1795, Editions de l'Ecole Polytechnique de Montréal, ISBN 2-553-00535-0, 1995.

[C3] : "Concurrent engineering: an expert system for fixture design"

E. Caillaud, D. Noyes, G. Anglerot et P. Padilla

ETFA' 95, INRIA/IEEE, Paris, Vol. 1, pp. 137-144, Ed. IEEE, ISBN 0-7803-2535-4, 1995.

[C4] : "Knowledge engineering for design"

E. Caillaud et D. Noyes

ESDA'96, ASME, Montpellier, Vol. 8, pp. 1-8, Ed. ASME, ISBN 0-7918-1503-X, 1996.

[C5] : "Towards a Knowledge Based Fixture Designers' Assistant"

E. Caillaud and D. Noyes

BASYS'96, IEEE/ECLA/IFIP, Lisbon, pp. 373-380, Ed. Chapman & Hall, ISBN 0-412-78890-X, 1996.

[C6] : "Planification et ordonnancement : Vers une aide à la gestion de la charge des opérateurs de production"

E. Caillaud et P. Nguyen

2^{ème} Congrès International Franco-Québécois de Génie Industriel, Albi, 8 pages, ISBN 2-9511591-0-2, 1997.

[C7] : "La maintenance dans l'évaluation des performances des systèmes de production : une approche par la simulation"

F. Pérès, E. Caillaud et D. Noyes

2^{ème} Congrès International Franco-Québécois de Génie Industriel, Albi, 8 pages, ISBN 2-9511591-0-2, 1997.

[C8] : "Conduite des systèmes industriels de type PME/PMI : problématique, état de l'art et pistes de recherche"

L. Franchini, E. Caillaud et G. Lacoste

2^{ème} Congrès International Franco-Québécois de Génie Industriel, Albi, 12 pages, ISBN 2-9511591-0-2, 1997.

[C9] : "Applications intégrées et Outils de simulation et d'Aide à la Décision"

F-Z. Benouhiba-Zelfani, M. Zelfani, E. Caillaud, P. Duquenne, G. Lacoste

2^{ème} Congrès International Franco-Québécois de Génie Industriel, Albi, 8 pages, ISBN 2-9511591-0-2, 1997.

[C10] : "Concurrent Engineering and Cooperative Design: Sharing the risk and integration of the know-how"

Emmanuel Caillaud, Jacques Lamothe and Germain Lacoste

IDMME'98, Primeca/CIRP, Compiègne, 27-29 mai, pp. 1061-1068, ISBN 2-913087-03-5, 1998.

[C11] : "Production systems design for SMEs: a case study"

Lionel Franchini, Emmanuel Caillaud and Germain Lacoste

6th International Conference on Human Factors in Organizational Design and Management, ODAM6, The Hague, August 19-22, pp. 387-392, Elsevier, ISBN 0-08-04349-8, 1998.

[C12] : "Planning and scheduling skills: a case study in an agri-food industry"

L. Franchini, E. Caillaud, P. Nguyen and G. Lacoste

IEEE-SMC, San-Diego, 11-14 octobre, Vol.1 pp. 417-422, ISBN 0-7803-4781-1, 1998.

[C13] : "Knowledge engineering for concurrent engineering"

E. Caillaud

International CIRP Design Seminar, Enschede (NL), 25-26 mars, pp. 229-238, Kluwer, ISBN 0-7923-5655-1, 1999.

[C14] : "Une approche pour la planification des compétences en projet : constitution d'équipes et gestion de la charge"

L. Franchini, E. Caillaud et B. Grabot

3^{ème} Congrès International de Génie Industriel, Montréal, 26-28 mai 1999, Vol. 3, pp. 1413-1421, Editions de l'Ecole Polytechnique de Montréal, ISBN 2-553-007333-7.

[C15] : "Evaluation des risques d'échecs pour la planification des opérateurs en production : application à l'industrie agro-alimentaire"

L. Franchini, E. Caillaud et G. Lacoste

3^{ème} Congrès International de Génie Industriel, Montréal, 26-28 mai 1999, Vol. 3, pp. 1393-1402, Editions de l'Ecole Polytechnique de Montréal, ISBN 2-553-007333-7.

[C16] : "What knowledge must be capitalized to manage design risk ?"

E. Caillaud and B. Duprieu

ICED'99, Munich, 24-26 août 1999, Vol.1, pp. 149-152, Editeur Technische Universitat Munchen, ISBN 3-922979-53-X.

[C17] : "Conception d'outillages pour l'emboutissage profond : capitalisation des connaissances"

B. Duprieu, E. Caillaud , S. Courbot et R. Fortunier

IDMME'2000, Montréal, mai 2000, p. 50, Editions de l'Ecole Polytechnique de Montréal, ISBN 2-553-00803-1.

[C18] : "Risque en conception : contribution du prototypage rapide"

E. Caillaud et F. Pérès

IDMME'2000, Montréal, mai 2000, p. 158, Editions de l'Ecole Polytechnique de Montréal, ISBN 2-553-00803-1.

[C19] : "SCORE : Système de Conception d'Outillages basé sur le Retour d'Expériences"

S. Delprat, B. Duprieu et E. Caillaud

L'homme et la machine intelligente, Paris, 20-22 avril 2001, AFM,. Soumis.

[C20] : "Knowledge for product configuration"

K. Hadj Hamou, E. Caillaud, J. Lamothe et M. Aldanondo

ICED 2001, Glasgow, août 2001. Soumis.

[C21] : "Réactivité en entreprise : une enquête"

T. Tournesol (nom collectif)

MOSIM 2001, Troyes, avril 2001. Soumis.

Autres congrès, colloques et journées d'étude

[AC1] : "Étude d'un outil d'aide à la conception de montages d'usinage"

E. Caillaud, D. Noyes et G. Anglerot

Journées ENIT, mai 1992.

[AC2] : "Computer aided design: a knowledge based system for fixture design"

E. Caillaud, D. Noyes, G. Anglerot and P. Padilla

System Modelling and Optimization, Prague, IFIP, 1995.

[AC3] : "Apports de réactivité par les méthodes outillage en conception intégrée"

E. Caillaud and D. Noyes

CIMAT' 96, Rensselaers' 5th International Conference, Grenoble, pp. 103-108, 1996.

[AC4] : "Fixture Design Process Modelling"

E. Caillaud and D. Noyes

IDMME' 96, Primeca/CIRP, Nantes, Vol. 1, pp. 265-273, 1996.

[AC5] : "Planning and scheduling skills: towards a human resource management in manufacturing systems"

L. Franchini, E. Caillaud, P. Nguyen and G. Lacoste

ICAM, ISAM/ISPE, Minneapolis, 21-23 juin 1998.

[AC6] : "Contribution à la modélisation et à l'organisation du système industriel"

E. Caillaud, D. Gourc, T. Jia et C. Pourcel

GRP-Modélisation d'entreprise, Besançon, 19-20 novembre 1998.

[AC7] : "Réduire le risque en conception par l'utilisation du prototypage rapide"

F. Peres et E. Caillaud

Colloque national de sûreté de fonctionnement, Montpellier, mars 2000, pp. 619-624, MFQ.

[AC8] : "Knowledge and skills in design and production"

E. Caillaud et L. Franchini

MCPL' 2000, IFAC/IFIP/IEEE, Grenoble, mai 2000.

RAPPORTS

Rapports de projets européens

[RPE1] : "Methodology for the determination of the positioning, clamping and supporting locations"

A. Bengoa and E. Caillaud

Deliverable tasks 7&8, BRITE EURAM n°3480 IDEFIX, 1992.

[RPE2] : "Rules and logic for selection of contact and assembly of Norelem elements"

E. Caillaud and D. Cardon-Dubois

Task 9, BRITE EURAM n°3480 IDEFIX, 1992.

Rapports de projets industriels

[RI1] : "Analyse fonctionnelle du montage d'usinage en entreprise"

E. Caillaud

Rapport d'activité n°1, contrat CIFRE n°183/90 entre l'ENIT et le CETIM, mars 1991.

[RI2] : "Démarche de conception des montages d'usinage"

E. Caillaud

Rapport d'activité n°2, contrat CIFRE n°183/90 entre l'ENIT et le CETIM, décembre 1991.

[RI3] : "Règles de conception des montages d'usinage"

E. Caillaud

Rapport d'activité n°3, contrat CIFRE n°183/90 entre l'ENIT et le CETIM, novembre 1992.

[RI4] : "Guide du concepteur de montages d'usinage"

E. Caillaud

Rapport de fin de contrat, contrat CIFRE n°183/90 entre l'ENIT et le CETIM, juillet 1994.

Rapports d'expertises

21 rapports d'expertises ont été réalisés pour la DRIRE et l'ANVAR depuis 1994.

LISTE DES MEMOIRES ET DIPLOMES DIRIGES

THESES DE DOCTORAT

Thèse de Lionel Franchini (12/96-2000)

"Aide à la décision pour la gestion des opérateurs en production : Modélisation, Planification et Evaluation."

Lionel Franchini était allocataire d'une bourse MESR et inscrit en formation doctorale de l'INPT "génie des systèmes industriels".

Le directeur de cette thèse était le Pr. Germain Lacoste et j'étais co-directeur (autorisation d'exercer les fonctions de co-directeur de thèse du 19/06/98 par le président de l'INPT).

La thèse a été soutenue le 14 novembre 2000.

Thèse de Bernard Duprieu (2/97-2001)

"Pérennisation du savoir-faire en conception d'outillage pour l'emboutissage profond."

Bernard Duprieu bénéficie d'une convention CIFRE entre l'Aérospatiale et l'Ecole des Mines d'Albi. Il est inscrit en formation doctorale sciences des matériaux à l'Ecole des Mines de Paris.

L'encadrement de cette thèse est réalisé conjointement par le centre Matériaux et le centre Génie Industriel de l'EMAC. Le directeur de thèse est le Pr. Roland Fortunier et je participe activement à l'encadrement du thésard.

Thèse de Khaled Hadj Hamou(11/1999-10/2002)

"Aide à la conception : évaluation d'une approche exploitant la programmation par satisfaction de contraintes"

K. Hadj Hamou est allocataire d'une bourse de ministère en charge de l'industrie et est inscrit en formation doctorale de l'INPT "génie des systèmes industriels".

Le directeur de cette thèse est le Pr. Michel Aldanondo et j'assure l'encadrement avec Jacques Lamothe.

DEA

DEA de Gregorio Herrera (4/98-9/98)

"Analyse de la contribution des axes projet, produit et moyens de production sur le cycle de réalisation des équipements en vue de la minimisation des coûts et des délais"

G. Herrera était inscrit dans la formation doctorale de l'INPT "gestion de projets".

DEA de Oussama Attal (4/2000-9/2000)

"Ingénierie des connaissances et ingénierie intégrée"

O. Attal était inscrit dans la formation doctorale de l'INPT "systèmes industriels".

PARTICIPATION A DES JURYS DE THESES

Thèse de Tianqiang Jia

"Vers une meilleure gestion des ressources d'un groupe autonome de fabrication",

Thèse de doctorat de l'Université de Tours, spécialité Génie Industriel, soutenue le 8 décembre 1998.

Directeur de thèse : Pr. C. Pourcel, EIT

Président : Pr. J.-P. Kieffer, ENSAM Aix-en-Provence

Rapporteurs : Pr. P. Ladet, INPG, Pr. F.B. Vernadat, ENIM et Pr. L. Villeneuve, Ecole Polytechnique de Montréal

Examineurs : E. Caillaud, EMAC, Pr. J. Gautron, Université de Tours

Thèse de Lionel Franchini

"Aide à la décision pour la gestion des opérateurs en production : Modélisation, Planification et Evaluation."

Thèse de doctorat de l'Université de l'INPT, spécialité Systèmes Industriels, soutenue le 14 novembre 2000.

Directeur de thèse : Pr. G. Lacoste, INP Toulouse

Co-directeur de thèse : E. Caillaud, EMAC

Président : Pr. B. Grabot, ENIT

Rapporteurs : Pr. J.-P. Kieffer, ENSAM Aix-en-Provence et Pr. F.B. Vernadat, ENIM

Examineurs : G. Bel, ONERA-CERT, C. Pourcel, P. Nguyen, Césium,

Invité : A. Campredon SAP (Fleury-Michon).

PARTICIPATION A DES PROGRAMMES DE COOPERATION INTERNATIONAUX

PROJETS EUROPEENS

Participation au projet européen BRITE-EURAM IDEFIX (IDEal FIXture) 1990-1993

Les travaux de ma thèse s'inscrivaient dans le cadre du projet européen BRITE-EURAM n° 3480 IDEFIX (IDEal FIXture).

Le projet, auquel le CETIM participait, avait pour objectif de définir un outil d'aide à la conception de montages d'usinage modulaires. Les différents partenaires industriels FMC, Fatronik, Norelem et les centres techniques WTCM/CRIF, Tekniker et le CETIM avaient une attente industrielle marquée.

Le domaine couvert par le projet allait de la définition de la gamme jusqu'à la visualisation du montage d'usinage modulaire à l'aide d'un système CFAO. L'approche était basée sur une décomposition de la pièce en entités (features) et sur une structuration fonctionnelle des éléments modulaires pour montages d'usinage. Une étude technico-économique comparative entre l'approche modulaire et l'approche spécifique a également été réalisée. Notre contribution au projet IDEFIX a principalement porté sur la méthodologie de conception des montages d'usinage. J'étais personnellement responsable des tâches concernant particulièrement la modélisation de la démarche de conception des montages d'usinage.

Par rapport au projet européen, le travail de thèse est concentré sur la démarche de conception de montages d'usinage et sur l'acquisition et la validation des règles de conception qui la composent. Elle a servi de base au projet européen mais c'est une version de la démarche de conception simplifiée et programmée de façon procédurale qui a été retenue pour le projet européen (pour des raisons de maîtrise technique des programmeurs). Les principaux résultats du projet sont un logiciel d'aide à la conception de montages d'usinage et un logiciel d'évaluation économique comparatif entre les montages d'usinages spécifiques et modulaires.

COOPERATION SCIENTIFIQUE

Coopération avec l'Université de Bristol (G.-B.)

Suite au congrès IDMME'98 qui a eu lieu à Compiègne, j'ai initié des relations scientifiques avec Chris McMahon et son équipe travaillant sur le management des risques en conception. Une publication sur le thème du management des risques en développement de produit par la maîtrise des connaissances a été publiée dans la revue internationale CERA (Concurrent Engineering: Research and Applications).

Ce projet permet de confronter nos points de vue respectifs sur ce thème et pourrait conduire à une collaboration plus formelle.

COPIES DE PUBLICATIONS ET DE COMMUNICATIONS

[O2] : "CAD/CAM integration: An efficient approach in a fixture framework"

D. Noyes and E. Caillaud

Chapter 10 in Rapid Response Manufacturing: Contemporary Methodologies, Tools and Technologies, pp. 191-211, Ed. Chapman & Hall, ISBN 0-412-78010-0, 1998.

[P2] : "Définition d'une gestion industrielle étendue basée sur internet en PMI : cas d'une coopérative agricole"

C. Passemard et E. Caillaud

Revue Française de Gestion Industrielle. Vol. 17 (4) pp.39-52, ISSN 0242-9780, 1998.

[P3] : "Planning and scheduling skills: towards a human resource management in manufacturing systems"

L. Franchini, E. Caillaud, P. Nguyen and G. Lacoste

International Journal of Agile Manufacturing. Vol. 2 (2) pp. 247-260, 1999.

[C17] : "Conception d'outillages pour l'emboutissage profond : capitalisation des connaissances"

B. Duprieu, E. Caillaud , S. Courbot et R. Fortunier

IDMME'2000, Montréal, mai 2000, p. 50, ISBN 2-553-00803-1.

[P4] : "A framework for a knowledge-based system for risk management in concurrent engineering"

E. Caillaud, R. Crossland, D. Gourc, C. Mc Mahon and L. A. Garcia

Concurrent Engineering: Research and Applications. Vol. 7 (3) pp. 257-267, 1999.