



L'intégration – moyen et objectif pour l'idéation, l'innovation et la gestion des connaissances

Andreas Riel

► To cite this version:

Andreas Riel. L'intégration – moyen et objectif pour l'idéation, l'innovation et la gestion des connaissances. Génie mécanique [physics.class-ph]. Université de Grenoble (France), 2012. tel-01423387

HAL Id: tel-01423387

<https://hal.science/tel-01423387>

Submitted on 5 Jan 2017

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

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

MÉMOIRE

en vue de l'obtention de

l'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR)

Présenté par

Andreas RIEL

L'intégration – moyen et objectif pour l'idéation, l'innovation et la gestion des connaissances

Soutenu publiquement le **5 décembre 2012**,
devant le jury composé de :

Pr. Serge TICHKIEWITCH

Pr. Grenoble INP, France, Président

Pr. Alain BERNARD

Pr. Ecole Centrale de Nantes, France, Rapporteur

Pr. Lionel ROUCOULES

Pr. Arts et Métiers ParisTech Aix en Provence, France, Rapporteur

Pr. Paul XIROUCHAKIS

Pr. École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse, Rapporteur

Pr. Fred van HOUTEN

Pr. Université de Twente, Pays-Bas, Membre



Résumé

Ce manuscrit présente tout d'abord mon cursus de formation et une synthèse de mes activités de recherche industrielle en Autriche, ainsi que mes projets de recherche académique, encadrement scientifique et enseignement en France. Dans une seconde partie, le bilan de mes activités scientifiques principales est présenté de façon plus détaillée, et des projets prospectifs sont proposés pour chaque thématique. Enfin, une copie de mes publications scientifiques majeures est fournie, montrant ma contribution à la diffusion des connaissances produites et au rayonnement de mon établissement.

Dans la seconde partie, la motivation et le contexte institutionnel et scientifique dans lequel se sont déroulés mes travaux de recherche sont expliqués afin de comprendre la trajectoire de mes orientations scientifiques pluridisciplinaires. Ensuite, les travaux sont positionnés par rapport aux enjeux scientifiques des domaines concernés. Les résultats principaux de ma recherche sont présentés, ainsi que les méthodologies respectives qui m'y ont conduit. Enfin le bilan d'apports et de perspectives pour la recherche académique et l'application industrielle sont tirés par projet scientifique.

Au centre de ces projets interdisciplinaires se situe le principe de la facilitation de l'innovation par l'intégration des acteurs experts des domaines différents. Le premier projet l'applique dans le contexte de recherche documentaire interdisciplinaire à l'aide d'un nouveau logiciel de fouille de texte permettant de proposer parmi des textes connus ceux qui sont sémantiquement les plus pertinents à un document donné. Cet outil aide les chercheurs à être cité plus souvent, et à élargir leur réseau social avec des collègues chercheurs de la même thématique, mais pas forcément du même domaine. Le deuxième projet s'occupe de la conception et l'implémentation d'un processus de référence d'idéation pour les entreprises des secteurs hautement innovants. Les résultats aident les entreprises pilotées par des processus à gérer la phase amont de toute innovation.

Mots clés :

Conception Intégrée de Produits et Services, Ingénierie et Gestion des Connaissances, Fouille de Texte et de Connaissance, Gestion de l'Innovation, Gestion de l'Idéation, Innovation Ouverte

Abstract

This document presents first of all my education path and a synthesis of my industrial research in Austria, as well as my activities of academic research, scientific supervision and teaching in France. In the second part, the synthesis of my principal scientific activities is presented in greater detail, and prospective future projects are presented for each topic. Finally, copies of my major scientific publications are included in order to show my contribution to the dissemination of new knowledge, as well as to the recognition of my institution.

In the second part, the motivation, the institutional and scientific context in which I have carried out my research activities is explained in order to understand the path of my interdisciplinary scientific orientations. Subsequently, my works are positioned with respect to the scientific challenges of the concerned domains. My principal research results are presented, as well as the respective methodologies that have led to them. Finally, the synthesis of the value and the perspectives for academic research and industrial application is made for each scientific project.

At the heart of these interdisciplinary projects there is the principle of the facilitation of innovation by the integration of stakeholders who are experts in different domains. The first projects applies this principle in the context of interdisciplinary bibliographic research with the help of a new text mining software tool which allows to propose those documents from a known corpus which are the semantically most relevant with respect to a given document. This tool helps researchers to get cited more often, and to enlarge their social network of researcher colleagues dealing with the same thematic in not necessarily the same domain. The second project deals with the design and implementation of an ideation reference process for enterprises of highly innovative sectors. The results help process-oriented companies manage the earliest phase of whatever innovation.

Keywords:

Integrated Product and Service Design, Knowledge Engineering and Management, Text and Knowledge Mining, Innovation Management, Ideation Management, Open Innovation

Remerciements

Les personnes qui ont contribué aux activités résumées dans ce manuscrit sont beaucoup trop nombreuses pour être mentionnés de manière exhaustive ici. Je leur dois tous mes remerciements sincères.

Pourtant parmi eux, il y a quelques collègues et proches à qui je tiens à exprimer mes remerciements particulièrement profondes pour leurs rôles clés sur mon parcours. C'est tout d'abord Serge Tichkiewitch qui a été mon mentor depuis mon arrivée sur Grenoble et grâce à qui j'ai trouvé un grand plaisir au sein du milieu académique et de la vie à Grenoble. Le support et le guide que m'a donné Daniel Brissaud tout au long de mon parcours en France a également joué un rôle important. Grâce à Richard Messnarz j'ai pu garder un lien fort avec l'industrie et entreprendre de nombreux projets de valorisation de recherche en étroite collaboration avec le réseau d'ECQA.

Je remercie chaleureusement tous les membres de jury d'avoir étudié et critiqué ce mémoire. Je remercie aussi tous les collègues de VRL-KCiP et EMIRAcle qui m'ont soutenu et permis d'avancer grâce aux collaborations fructueuses.

Je tiens également à remercier Françoise Belle-Perat et Caroline Léonard, responsables d'administration chez EMIRAcle. Elles m'ont enduré au bureau et sans leurs aides je n'aurais jamais été capable de travailler sur tant de projets.

Pawinee Boonyasopon et Martin Neumann méritent une mention spéciale d'avoir fait du co-encadrement de leurs thèses un véritable plaisir qui renforce mon envie d'encadrer des thèses sous ma propre responsabilité.

Les bonnes conditions de travail quotidien étant indispensables à la réussite, je tiens à remercier Yannick Frein et tous les collègues de son laboratoire G-SCOP.

Comme il est expliqué dans ce manuscrit, le succès de mes travaux sur Grenoble est profondément enraciné sur la base de l'expérience acquise dans le groupe d'entreprises AVL LIST basé en Autriche. Là aussi, il y a certaines personnes à qui je dois d'immenses remerciements : Helmut List, Klaus Harms, Heimo Denk, Josef Affenzeller, Kurt Gschweidl, Horst Pfluegl, Christian Beidl, Christian Schyr, Harald Nonn et Michael Paulweber.

Ici mentionnés en dernière position, ils occuperont toujours la toute première place dans ma vie : mes chers parents, sans qui je n'aurais pu aller nulle part. C'est leur amour, leur guidage, et leur soutien qui me porte et me donne la force. N'ayant eux-mêmes jamais eu ni l'occasion ni le support pour connaître le monde académique, ils ne peuvent pas comprendre ce que je ressens lors de la rédaction de ce manuscrit. Et pourtant c'est bien eux qui ont rendu possible tout mon chemin. Tous les mots d'amour et remerciement sont trop faibles pour exprimer mes sentiments pour eux...

Grenoble, le 15 septembre 2012

Introduction

Ce mémoire trace la synthèse de mes activités de recherche tout au long mon parcours professionnel de dix ans dans la recherche industrielle puis six ans dans la recherche académique, dont une bonne partie dans des fonctions de responsabilité. Il est présenté en vue d'obtenir l'Habilitation à Diriger des Recherches des Universités de Grenoble. Cette qualification me permettra d'aller plus loin et plus vite dans mes activités de recherche et de faciliter une recherche collaborative entre l'industrie et l'université. Je vois mon avenir professionnel dans une position de direction de recherche soit du côté académique soit du côté industriel, dans les deux cas avec un focus sur l'innovation. J'ai vécu moi-même l'importance et l'efficacité des thèses doctorales pour l'avancement des frontières de recherche, ce qui m'amène à présenter ma candidature pour l'habilitation à diriger des recherches.

Dès son départ, mon parcours a été guidé par l'ultime conviction que le monde industriel et le monde académique doivent se rapprocher sous la pression croissante du besoin d'innovation, besoin qui pèse sur presque tous les secteurs industriels. L'un a de plus en plus besoin de l'autre pour pouvoir répondre aux besoins changeants des marchés et aux enjeux environnementaux. Je peux témoigner moi-même de la pertinence de cette conviction par l'exemple de l'évolution impressionnante du métier de manager d'innovation. Quant j'ai assumé cette fonction pour la première fois chez AVL en 2004, le profil d'un manager d'innovation était partout complètement flou. Depuis, l'importance de ce métier a pris une ascension flagrante. La gestion active de l'innovation est devenue indispensable pour la plupart des petites, moyennes et grandes entreprises. Inciter et bien gérer des projets collaboratifs sous forme de thèse en représente une partie essentielle.

Dans ce contexte, je vois les principaux axes de ma recherche dans les **méthodes, processus et outils pour la gestion de la connaissance et de l'innovation**. Dans ce contexte, les trois principes fondamentaux qui m'ont toujours préoccupé sont

- 1) **l'intégration des acteurs d'origines et/ou d'expertises différentes** tout au long du processus de l'innovation pour faire face à
- 2) **l'interdisciplinarité des produits et systèmes modernes**, avec
- 3) **des méthodes et outils qui sont aptes au monde industriel à court et moyen terme.**

Ces principes continueront pleinement à déterminer les perspectives de ma recherche: avancer dans la découverte de la connaissance dans les documents est impossible sans une collaboration forte avec des experts en informatique, en fouille de texte, en technologie sémantique, etc. De la même manière, les sujets identifiés pour progresser dans la recherche en création et gestion d'idées demandent la collaboration étroite avec des économistes, des experts en marketing, mais également des sociologues pour tous les aspects complexes liés à la transformation de culture d'entreprise.

Ces deux sujets nécessitent aussi une étroite implication des industriels pour mener des enquêtes, réaliser des études de cas, et pour valider les hypothèses.

Table des matières

Résumé.....	iii
Abstract	v
Remerciements.....	vii
Introduction	ix
Table des matières	11
Liste des sigles.....	17
Liste des figures	19
Liste des tableaux	21
Partie I: Bilan des activités	23
1 Présentation personnelle, emplois et formation.....	25
1.1 Etat civil	25
1.2 Fonction actuelle	25
1.3 Formation	26
1.4 Emplois successifs.....	26
1.4.1 Emplois sur Graz	26
1.4.2 Emplois sur Grenoble	27
2 Activités de recherche et valorisation	29
2.1 Introduction	29
2.2 Activités de recherche sur Graz	29
2.2.1 Calibration et Optimisation des contrôles électroniques d'automobile	29

Table des matières

2.2.2	Le processus de développement des systèmes propulsifs.....	30
2.3	Activités de recherche sur Grenoble	31
2.3.1	La gestion des idées et de l'innovation.....	32
2.3.2	L'ingénierie des connaissances.....	32
2.3.3	Le lancement, l'implémentation, et la gestion de cinq projets européens	32
2.4	Activités d'encadrement de recherche industrielle sur Graz.....	37
2.4.1	Encadrement de recherche industrielle sur Graz	37
2.5	Activités d'encadrement de recherche académique sur Grenoble.....	40
2.5.1	Thèse doctorale en gestion des connaissances	40
2.5.2	Thèse doctorale en gestion d'innovation	41
2.6	Publications	42
2.6.1	Thèse.....	43
2.6.2	Brevets	43
2.6.3	Revue internationale à comité de lecture.....	43
2.6.4	Livres	44
2.6.5	Chapîtres d'ouvrages	44
2.6.6	Conférences invitées dans Congrès internationaux	46
2.6.7	Journaux spécialisés à référence industrielle.....	47
2.6.8	Congrès internationaux avec comité de lecture et actes	47
2.6.9	Autre colloque autrichien/allemand.....	50
2.6.10	Logiciels.....	50
2.6.11	Actions de vulgarisation	50
2.6.12	Standards Internationaux, Projets Européens	50
2.6.13	Livres pédagogiques	51
2.7	Participation à des comités de relecture des revues scientifiques	51
2.8	Participation à des comités scientifiques de conférences.....	51
2.9	Activités d'évaluateur.....	52

3	Activités d'enseignement.....	53
4	Certifications professionnelles.....	54
5	Activités administratives.....	55
5.1	Gestion du Réseau d'Excellence VRL-KCiP	55
5.2	Gestion d'innovation au sein d'EMIRAcle	56
	Partie II: Projets de recherche	57
6	Projet de recherche en gestion des connaissances	59
6.1	Motivation	59
6.2	Problématique.....	60
6.3	Contexte	61
6.4	Positionnement de la problématique	62
6.4.1	L'ingénierie des connaissances	62
6.4.2	La fouille de texte et de connaissance	62
6.5	Questions clés de recherche	63
6.6	Méthodologie de recherche	64
6.6.1	Recherche et investigation des outils existants	64
6.6.2	Compréhension des indicateurs bibliométriques.....	65
6.6.3	Définition d'un corpus référence de documents.....	65
6.6.4	Investigation de CAT.....	66
6.6.5	Modélisation	67
6.7	Resultats de recherche.....	69
6.7.1	Outil de recherche SCITE.....	69
6.7.2	Avancées grâce à SCITE	71
6.8	Bilan des apports pour la recherche académique	72
6.9	Bilan des apports pour l'application industrielle	73
6.10	Perspectives pour la recherche académique	74
6.10.1	Analyse quantitative	74
6.10.2	Algorithmes	74

Table des matières

6.10.3	Nouvelles applications.....	74
6.10.4	Navigation.....	75
6.11	Perspectives pour l'application industrielle	76
7	Projet de recherche en gestion de l'innovation et idéation	77
7.1	Motivation	77
7.2	Problématique	77
7.3	Contexte.....	78
7.4	Positionnement de la problématique	80
7.4.1	La gestion de l'innovation	80
7.4.2	L'intégration des acteurs.....	84
7.4.3	L'idéation.....	85
7.5	Questions clés de recherche	87
7.6	Méthodologie de recherche	89
7.7	Résultats de recherche	90
7.7.1	Recherche documentaire.....	90
7.7.2	Entrevues d'experts.....	92
7.7.3	Les six facteurs clefs du succès de l'idéation.....	93
7.7.4	Le processus d'idéation de référence.....	94
7.7.5	Implémentation et validation du processus chez KSPG	95
7.8	Bilan des apports pour la recherche académique	102
7.9	Bilan des apports pour l'application industrielle	103
7.10	Perspectives pour la recherche académique	103
7.10.1	Evaluation du processus de la phase floue amont	103
7.10.2	Intégration des acteurs	104
7.10.3	Evaluation d'idées.....	105
7.10.4	Facteurs clés de succès	106
7.10.5	Influences culturelles	106
7.10.6	Fouille des connaissances	107

7.11 Perspectives pour l'application industrielle	108
7.11.1 Suivi intégral de l'introduction et application du processus	108
7.11.2 Application aux différents secteurs industriels	109
8 Conclusion globale.....	111
8.1 Futurs enjeux.....	111
8.2 Points forts de mon profil.....	112
Références bibliographiques	113
Partie III: Copie des publications les plus significatives	121

Liste des sigles

AG	Aktiengesellschaft – Public Company	Société Publique
BMU	Behavioural Mock-Up	Maquette Fonctionnelle
CAT	Content Analysis Toolkit	Boîte d’outils pour l’analyse du contenu
CIRP	International Academy for Production Research	Collège Internationale de Re- cherche en Production
DMU	Digital Mock-Up	Maquette numérique
etc.	et cetera	et cetera
UE	European Union	Union Européenne
FFE	Fuzzy Front-End	Phase floue amont
FOD	Function Oriented Develop- ment	Développement piloté par les fonctions
LDA	Latent Dirichlet Analysis	Analyse latente de Dirichlet
KSPG	Kolbenschmidt Pierburg AG	Kolbenschmidt Pierburg AG
OEM	Original Equipment Manufac- turers	Équipementiers
PME	Small and medium sized en- terprise	Entreprise de petite et moyenne taille
KM	Knowledge Mining	Fouille de connaissance
NPD	New Product Development	Développement de nouveaux produits
R&D	Research and Development	Recherche et développement
RPM	Research Performance Mea- surement	Mesure de la performance de re- cherche
SCITE	SCientific Analysis of TExt	Analyse scientifique du texte
STC	Scientific Technical Commit- tee	Comités techniques scientifiques
TF-IDF	Term Frequency – Inverse Document Frequency	Fréquence de termes – fréquence inverse de documents
TM	Text Mining	Fouille de texte
VSM	Vector Space Model	Modèle d’espace vecteur

Liste des figures

Figure 1:	Problématique de l’isolation de connaissance dans les documents	60
Figure 2:	Représentation VSM de l’exemple du tableau 1	68
Figure 3:	Les briques et fonctionnalités principales de SCITE.....	69
Figure 4:	Séquence de l’analyse du corpus	70
Figure 5:	Séquence de l’ajout des nouveaux documents au corpus	70
Figure 6:	Séquence de la comparaison des documents	71
Figure 7:	La démarche globale de recherche pour l’idéation.....	81
Figure 8:	La chaîne de valeur d’idées [HAN2007]	82
Figure 9:	La « maison de l’innovation » d’après A.T. Kearney [ENG2010].....	84
Figure 10:	Le processus de l’innovation d’après [KOE2002].....	86
Figure 11:	Le modèle pour la phase floue amont d’après Khurana et Rosenthal (basé sur [KHU1998])	87
Figure 12:	Cadre conceptuel de recherche en idéation.....	88
Figure 13:	Méthodologie de recherche.....	90
Figure 14:	Concept systématique pour la recherche documentaire.....	91
Figure 15:	Processus d’idéation de référence.....	94
Figure 16:	Processus de gestion d’innovation actuel chez KSPG AG	97
Figure 17:	Processus d’idéation pour KSPG AG (partie 1 sur 2)	98
Figure 18:	Processus d’idéation dans le processus d’innovation de KSPG AG (partie 1 sur 2)	100

Liste des figures

Figure 19:	Utilisation de fouille de connaissances à terme chez KSPG AG	
		108

Liste des tableaux

Tableau 1:	Exemple pour illustrer le VSM.....	68
Tableau 2:	Le modèle du processus de l'innovation selon Thom ([THO1980] et [BRE2007]).....	82
Tableau 3:	Enquête par des entrevues d'experts externes	92
Tableau 4:	Correspondance des facteurs clés de succès avec les étapes du processus de référence d'idéation	95

Partie I:

Bilan des activités

1 Présentation personnelle, emplois et formation

1.1 Etat civil

Nom : **RIEL Andreas**
Né-le : 11 Mai 1972 à Graz (Autriche)
Nationalité : Autrichienne
Langue maternelle : Allemand
Situation de famille : Célibataire
Adresse personnelle : Résidence Houille Blanche
4, Avenue des Jeux Olympiques
38029 Grenoble Cedex 2
Adresse professionnelle : EMIRAcle c/o Grenoble-INP,
Laboratoire G-SCOP
46, Avenue Félix Viallet
38031 Grenoble Cedex 1
Téléphone : 04 76 82 51 56
Email : andreas.riel@grenoble-inp.fr

1.2 Fonction actuelle

Qualité : Manager d'innovation
Grade : Cadre
Fonctions :

- Initialiser, gérer et réaliser des programmes de recherche ou de formation dans le cadre des appels d'offre nationaux ou européens.
- Diffuser et déployer des outils de formation mis en place dans le cadre de l'association.
- Coordonner et animer des activités propres à la vie associative.

- Coordonner activement la collaboration entre les membres de l'Association.

1.3 Formation

Mai 1995 :	Ingénieur Diplômé (Dipl.-Ing.) ès Télématique de l'Université de Technologie de Graz (Autriche), avec félicitations
Juin 2005 :	Docteur ès technique (Dr. techn.) de l'Université de Technologie de Vienne (Autriche), avec félicitations Sujet : "From DMU to BMU: Towards Simulation-Guided Automotive Powertrain Development" Directeur de thèse : Pr. H-P. JÖRGL, Vienne, Autriche

1.4 Emplois successifs

1.4.1 Emplois sur Graz

Du **juin 1996 à août 2006** : AVL LIST GmbH à Graz (Autriche)

- Ingénieur de développement (1996 à mai 2000), puis
- Manager de l'innovation.

AVL LIST est sur le plan international la plus grande société privée et autonome qui consacre son savoir faire à la recherche et au développement de systèmes propulsifs pour automobile et de moteurs à combustion interne, ainsi qu'au développement des moyens de mesures et d'essais associés.

AVL développe et optimise des systèmes de transmission et se présente comme un partenaire compétent pour l'industrie automobile ou utilisatrice de moteurs à explosion. Les méthodes de simulation nécessaires à la réalisation des travaux de recherches sont également développées et commercialisées par AVL.

Chiffres clés :

- Ressources humaines: 5250 (2500 à Graz, 2750 dans le reste du monde)
- Succursales: 45 sociétés AVL (dont une en France)
- Taux d'exportation: 96%

- C.A. de 2011: 830 millions d'Euros
- Taux de recherches financées par l'entreprise: 12,5% environ du C.A.

Fonctions assumées chez AVL LIST :

Responsable des projets interdépartementaux et multinationaux de recherche et d'innovation dans les domaines suivants :

- Systèmes et méthodes pour l'optimisation du contrôle électronique des moteurs à explosion.
- Processus de développement des systèmes propulsifs pour automobiles : identification, formalisation, optimisation.
- Réduction du temps et du coût du développement des transmissions par l'application des techniques de simulation dans toutes les phases du processus.
- Gestion de l'innovation.

Distinctions :

Prix de l'innovation d'AVL LIST pour l'invention du concept du BMU en 2002.

1.4.2 Emplois sur Grenoble

Septembre 2006 – décembre 2011: Institut polytechnique de Grenoble (Grenoble-INP) - (France)

- Chercheur Postdoctoral à l'Institut polytechnique de Grenoble au sein du réseau d'excellence « Virtual Research Lab for a Knowledge Community in Production » (VRL-KCiP).
- Qualifié aux fonctions de Maître de conférences pour la section 60 – Mécanique, génie mécanique, génie civil.
- Collaborateur de Recherche Expert (septembre 2009 – décembre 2011) à l'Institut polytechnique de Grenoble au sein de l'association belge « European Manufacturing and Innovation Research Association, a cluster leading excellence » (EMIRacle AISBL), la structure pérenne du réseau VRL-KCiP.

Fonctions assumées à Grenoble INP :

- Membre de l'équipe d'intégration et coordination du réseau VRL-KCiP.

- Assistance à la présidence de l'association EMIRAcle.
- Définition des axes de recherche collaboratifs au sein des 24 équipes du réseau.
- Montage, implémentation et gestion d'un programme de projets de valorisation de recherche.
- Recherche dans la conception intégrée de produits et services, et l'ingénierie des connaissances.

Depuis **février 2012**: EMIRAcle AISBL à Grenoble (France)

- Manager de l'innovation

Fonctions assumées à EMIRAcle:

- Initialiser, gérer et réaliser des programmes de recherche ou de formation dans le cadre des appels d'offre nationaux ou européens.
- Diffuser et déployer des outils de formation mis en place dans le cadre de l'association.
- Coordonner et animer des activités propres à la vie associative.
- Coordonner activement la collaboration entre les membres de l'Association.

2 Activités de recherche et valorisation

2.1 Introduction

Mon activité de recherche industrielle s'est déroulée de juin 1996 jusqu'en août 2006 au sein de l'entreprise AVL LIST GmbH. À partir du septembre 2003 ces activités se sont plus particulièrement traduites par la réalisation d'une thèse enregistrée à l'Université de Technologie de Vienne (Autriche) ainsi qu'à l'Université de Technologie de Graz (Autriche) [T1].

Depuis septembre 2006, mon activité se déroule au sein réseau d'excellence VRL-KCiP puis de l'association EMIRAcle, dans le cadre du pôle **Conception Intégrée** du **Laboratoire G-SCOP** de Grenoble.

2.2 Activités de recherche sur Graz

2.2.1 Calibration et Optimisation des contrôles électroniques d'automobile

J'ai commencé mes activités scientifiques comme diplômé en télématique dans le domaine du développement de logiciel pour des systèmes complexes et distribués. Pendant les quatre premières années de mon travail chez AVL LIST je me suis plongé très profondément dans la conception et le développement d'un système très innovant pour la calibration et l'optimisation des paramètres des contrôles électroniques d'automobile à l'aide du logiciel ACS (Automatic Calibration System). À l'époque, notre équipe était une des rares au monde travaillant dans ce domaine. Aujourd'hui AVL LIST est toujours le leader mondial et la demande industrielle est en croissance très forte.

Mes contributions à ce projet se retrouvent dans les domaines clés suivants:

- J'ai proposé un standard d'interface entre les logiciels ACS et les systèmes d'essai des moteurs venant de constructeurs différents, ce qui

était très fortement demandé par des fabricants d'automobiles [S1,2,3,4], [L1,2]. C'est pour cela que ce travail s'est déroulé dans le cadre d'un projet européen du 5^{ème} PCRD, coordonné par BMW en Allemagne (STAUMECS AIT) avec la participation des plus grands constructeurs automobiles européens. Aujourd'hui ce standard est devenu un standard mondial et il est implémenté dans tous les ACS existants. Je l'ai conçu selon des principes qui sont aujourd'hui connus sous le nom d'architecture orientée aux services (SOA, Service Oriented Architecture), principes des plus importants pour les systèmes complexes. Ce standard est administré par la plus importante association du domaine de l'automobile : ASAM (www.asam.net).

- Après la finition du projet STAUMECS, je me suis intéressé aux méthodes fortement efficaces pour l'optimisation multidimensionnelle multi-objective non-linéaire sous des contraintes concaves. Ces méthodes sont destinées à l'application d'essais en temps réel des moteurs au banc et embarqués, ce qui implique des demandes au plus haut niveau de sécurité, fiabilité et efficacité pour l'algorithme et le système total [L1], [B1].
- Le résultat le plus important est d'avoir un fonctionnement et une performance toujours uniques de notre ACS, protégé par un brevet européen [R1] et un brevet aux états unis [R2].

2.2.2 Le processus de développement des systèmes propulsifs

Après ces quatre premières années, et en tant que nouveau responsable de la gestion de l'innovation chez AVL LIST, je me suis particulièrement occupé du processus de développement des systèmes propulsifs. Ma recherche s'est focalisée sur des méthodes et des outils de simulation qui permettent de réduire le temps et le coût de ce processus de développement en gardant ou même améliorant la qualité du produit. J'ai abordé ce sujet vaste et exigeant avec plusieurs points de vue : celui du responsable du programme, du chef de projet, de l'analyste des besoins, de l'ingénieur de conception, des ingénieurs en charge de l'électronique et des parties électriques ou mécaniques, de l'ingénieur d'essais, de l'ingénieur de calibration.

Ma proposition a été de soutenir ces différents points de vue en élargissant le concept du DMU (Digital Mock-Up) vers le BMU (Behavioural Mock-Up) qui permet de gérer tous les modèles de simulation comportementaux et fonctionnels du système, incluant les sous-systèmes :

- électroniques et électriques,
- hydrauliques,
- pneumatiques,
- thermiques,

- etc.

Le but est d'arriver à un processus de développement piloté par la simulation plutôt qu'utiliser la simulation de manière très isolée et hétérogène [O1], [J1,2], [B2,3,4]. J'ai reçu le prix de l'innovation d'AVL LIST en 2002 pour ce concept et des nombreux projets ont été lancés pour implémenter ce concept dans la gamme des produits et services chez AVL LIST.

La valorisation académique la plus importante de ce concept a eu lieu dans deux organisations scientifiques :

- En tant que chef du projet de recherche collaborative entre l'Université de Technologie de Graz (Pr. Gunther Juergens), l'Université de Technologie de Darmstadt (Pr. Guenther Hohenberg), l'Université de Karlsruhe (Pr. Albert Albers) et AVL LIST (Pr. List, le PDG de l'entreprise). Ce projet avait pour but la calibration de certaines fonctions du contrôle électronique d'une automobile ayant en charge le comportement de la voiture en réponse aux commandes du conducteur, la qualité de ce comportement étant directement perçue par le conducteur [A1], [O2,3,4], [J3,4], [B5,6,7], [C1].
- En tant que membre du groupe de lancement du centre national de compétitivité « Kompetenzzentrum Virtuelles Fahrzeug » (www.vif.tugraz.at) (Centre de compétence sur le véhicule virtuel), dont un des axes est spécifiquement le domaine de recherche lié au concept du BMU.

2.3 Activités de recherche sur Grenoble

Persuadé de l'importance des réseaux internationaux pour la recherche et l'innovation, j'ai décidé de poursuivre ma carrière professionnelle dans un réseau européen d'excellence afin :

- d'améliorer ma connaissance du fonctionnement des organisations académiques,
- d'augmenter mes activités scientifiques, ainsi que
- d'appliquer mon expérience industrielle à la mise en place de liens forts entre une structure académique complexe et l'industrie.

Fort de mon expérience sur le BMU, c'est naturellement que je me suis tourné vers un laboratoire travaillant sur la conception intégrée, et principalement sur l'intégration des produits, des services et des processus. Depuis septembre 2006, j'ai participé à trois activités de recherche principales.

2.3.1 La gestion des idées et de l'innovation

Mon travail de recherche est actuellement orienté sur les structures d'acquisition et de capitalisation d'idées dans une entreprise dans le cadre du processus de gestion d'innovation. Ce travail s'adresse particulièrement aux trois sujets suivants:

- des méthodes pour l'amélioration de la quantité et la maturité des idées d'innovation créées par les employés de tout niveau hiérarchique et de tout domaine d'expertise.
- des méthodes pour l'ouverture du processus de gestion d'innovation aux acteurs en dehors de l'organisation interne de l'entreprise, tels que les clients, les fournisseurs, les partenaires de développement, etc. selon les principes de l'innovation ouverte.
- Les facteurs clés de succès de gestion d'idées et de l'innovation.

2.3.2 L'ingénierie des connaissances

Mon travail de recherche s'est orienté sur les structures d'acquisition et de capitalisation de connaissances et en particulier sur le formalisme des ontologies. Ce travail s'adresse particulièrement aux deux sujets suivants:

- des méthodes et des outils qui permettent l'acquisition de connaissances depuis une base de documents. Le but est d'automatiquement capturer, classer et visualiser les mots clés des documents afin de les mettre en relation, ceci dépendant de nombreux critères différents, par exemple les domaines d'expertise d'une organisation, les départements d'une entreprise, etc.
- l'utilisation de ces méthodes pour réaliser un système logiciel qui permet d'identifier de manière automatique les documents sémantiquement pertinents à un document donné afin d'aider les chercheurs à trouver des publications pertinentes à leurs travaux et ainsi améliorer et enrichir la bibliographie de leurs papiers.

2.3.3 Le lancement, l'implémentation, et la gestion de cinq projets européens

J'ai également piloté et/ou participé en tant que partenaire représentant l'association EMIRAcle à la réalisation de nombreuses réponses à l'appel d'offre « Leonardo da Vinci » du programme « Life Long Learning » de la Commission Européenne, programme qui vise à valoriser les résultats de recherche pour la qualification et la certification des compétences spécifiques des nouveaux métiers de connaissance.

Les industriels ont effectivement des besoins forts pour des formations spécialisées et des certifications de qualification de leurs salariés. Des produits et systèmes complexes et pluridisciplinaires demandent des connaissances diversifiées et pourtant pointues dans chacun des domaines pour leurs salariés. Aujourd'hui aucune formation et aucune certification correspondantes aux qualifications modernes n'existent dans le domaine de production et de la conception intégrée.

Afin de répondre à ce besoin, j'ai monté une collaboration étroite entre EMIRACLE et l'Association Européenne pour la Certification et la Qualification (ECQA, European Certification and Qualification Association, www.ecqa.org) en 2007 [I1]. Cette association a pour origine le réseau EQN (European Qualification Network, www.eu-certificates.org), et s'est focalisée sur la mise en place d'un système de certification au niveau européen conforme aux règles et besoins de la Commission Européenne, ainsi que la promotion et diffusion des différents programmes de formation et certification à l'échelle européenne.

Dans ce cadre, j'ai monté les programmes suivants :

- 1) iDesigner (ECQA Certified Integrated Design Engineer, ingénieur en conception intégrée, certifié ECQA)
- 2) ResEUr (ECQA Certified EU Researcher-Entrepreneur, chercheur-entrepreneur de l'UE, certifié ECQA)
- 3) LSSA (Lean Six Sigma Academy, académie du lean six sigma)
- 4) SafEUr (ECQA Certified Functional Safety Manager, manager en sûreté fonctionnelle de systèmes, certifié ECQA)

J'ai également participé en tant que partenaire représentant l'association EMIRACLE à deux projets européens pour la dissémination des programmes promus par l'ECQA en Europe auprès du monde industriel et académique, ainsi que pour le déploiement de ces programmes en e-learning sous forme d'un campus virtuel :

- 5) EUCert (EU Certification Campus, campus de certification de l'UE)
- 6) dEUCert (Disseminating the EU Certification Campus, dissémination d'EUCert)

EUCert (European Certification Campus) est un projet qui propose de définir des corpus de qualification pour des métiers innovants, de proposer les formations correspondantes et de mettre en place un mécanisme de qualification à ces métiers. Nous sommes dans ce projet concernés par les nouveaux métiers de la conception innovante et de l'intégration produits-services-processus.

dEUCert (disseminating the European Certification Campus) est un projet de dissémination du concept du campus européen en ligne pour l'Europe.

1) iDesigner

Concevoir des produits et systèmes modernes de manière innovante, durable et compétitive exige l'implémentation de nouveaux paradigmes dans la phase de développement. Aujourd'hui, la conception ne se concentre plus uniquement sur une phase spécifique. Au-delà de l'aspect esthétique pour couvrir tous les aspects fonctionnels d'un produit ou système, il s'agit de conduire le processus de développement dans son ensemble. C'est pourquoi, de plus en plus d'acteurs du cycle de vie du produit doivent être intégrés dans le processus de conception. Ceci engendre de nouveaux défis pour les ingénieurs en conception, ainsi que pour les chefs de développement de projet.

Le programme de cette formation relève ces défis et fournit des réponses aux sujets suivants :

- la définition de l'intégration en conception,
- les cibles de l'intégration, incluant le cycle de vie du produit,
- les méthodes essentielles de l'intégration, incluant l'ingénierie parallèle et la modélisation de produits,
- la maîtrise de la complexité et de l'innovation,
- la gestion de la connaissance pour l'intégration,
- la conception intégrée collaborative,
- exemples d'intégration en conception, y compris la conception durable, l'évaluation des risques, la conception en matière de sécurité, le développement d'outils et de techniques virtuels, etc.

Le public cible de ce programme sont les groupes suivants :

- a) Ingénieurs expérimentés en conception qui souhaitent valoriser leur expérience.
- b) Architectes produits et systèmes pour les aider à bâtir une vision des systèmes intégrés et assumer le rôle d'un architecte dans un projet de développement d'un produit ou système.
- c) Responsables de projet de développement pour leur donner la compétence pour composer et guider des équipes intégrées, innovatrices et pluridisciplinaires de projet.
- d) Chercheurs en développement de produit, système, processus, ou d'organisation prêts à aider des industriels à concevoir et implémenter des processus et organisations qui supportent la conception intégrée de produits et systèmes.

Mes activités propres de recherche pour ce projet ont concerné :

- l'identification des besoins pointus des industriels,

- la définition des nouvelles qualifications dans la conception et le développement des produits intégrant la conception intégrée et l'ingénierie de l'innovation,
- la création des cursus d'enseignement, de test et de certification,
- la préparation des enseignements correspondants.

J'ai piloté le projet qui a été noté 9,5 sur 10 par un comité d'experts indépendants. À ce jour, ces travaux ont donné lieu notamment aux publications suivantes : [A2,4,5,6,7], [O5], [I3,4,5,6], [B8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,26].

2) ResEUR

La recherche, l'innovation et l'entrepreneuriat sont étroitement liés et sont considérés comme les facteurs clés d'une économie saine et durable. La meilleure manière de traduire la recherche en innovations est de tenir compte des facteurs clés d'innovation dès les premières phases de recherche visant à créer des produits et services. Créer des entreprises fructueuses et durables est l'étape logique suivante. Elle peut être encouragée en sensibilisant très tôt les esprits créatifs à l'entrepreneuriat.

Le programme de formation et de certification Chercheur entrepreneur certifié ECQA couvre l'ensemble des aspects essentiels associés à ces considérations tout au long du processus de création d'une nouvelle entreprise, tout en encourageant les facultés d'innovation des sociétés existantes. Dans ce but, il aborde les thèmes suivants :

- le processus de formation des idées,
- le transfert d'innovation visant à orienter la recherche vers l'innovation,
- la mise en commun de connaissances par l'intermédiaire de réseaux de personnes,
- la création d'environnements d'apprentissage,
- les facilitateurs nationaux et européens de l'entrepreneuriat,
- la considération et la réduction des risques, etc.

Le public cible de ce programme sont les groupes suivants :

- a) Doctorants souhaitant être sensibilisés pour la prise en compte de l'aspect d'innovation en amont et pendant leur travail de recherche.
- b) Esprits créatifs pour les aider à former leurs idées de manière qu'elles puissent réussir sur le marché et ainsi donner lieu à la création d'une activité entrepreneuriale avec succès.
- c) Jeunes entrepreneurs qui cherchent à "booster" leur potentiel d'innovation grâce à l'implémentation d'une organisation apprenante facilitant l'innovation ouverte et la capitalisation sur les réseaux sociaux.

Mes activités propres de recherche pour ce projet ont concerné :

- l'identification des besoins spécifiques de cette qualification par rapport aux formations existantes dans le domaine de l'entrepreneuriat,
- la définition des nouvelles qualifications dans l'entrepreneuriat intégrant les aspects de recherche avec ceux de l'ingénierie de l'innovation,
- la création des cursus d'enseignement, de test et de certification,
- la préparation des enseignements correspondants.

J'ai piloté ce projet qui a été noté 7,5 sur 10 par un comité d'experts indépendants. À ce jour, ces travaux ont donné lieu notamment aux publications suivantes : [O6], [B17,23,24,26].

3) LSSA

L'approche du lean manufacturing est en train de prendre du terrain dans de nombreux secteurs industriels. Pour maintenir un bon niveau de qualité de produits et services, les méthodes de six sigma se sont établies. Différents niveaux de formation et certification des compétences en lean manufacturing et six sigma existent. Or, il manque une spécification consistante et reconnue à l'international des compétences requises pour atteindre un certain niveau de certification en lean manufacturing et six sigma.

C'est le sujet au cœur du programme LSSA (Lean Six Sigma Academy) qui a été piloté par une entreprise néerlandaise spécialisée sur les formations professionnelles en lean manufacturing et six sigma. Cette entreprise est une start-up issue de l'université de Twente à Enschede, membre d'EMIRAcle.

Mes activités propres pour ce projet sont les suivantes :

- l'initiation et la composition du consortium,
- la conception du programme de recherche,
- la coordination des activités d'experts du domaine au niveau du labo et de l'association.

4) SafEUr

Depuis novembre 2011 je travaille sur la sûreté de fonctionnement des systèmes dans le cadre d'un nouveau projet européen Leonardo que j'ai initié en collaboration avec trois partenaires industriels et un partenaire académique. Ce projet souhaite mettre en place un programme de formation et certification des compétences en sûreté de fonctionnement, sujet de plus en plus couvert par de nombreux standards. Le but de ce programme est de former les experts sur les bonnes méthodes d'application de ces standards, et non de les former dans les différents standards (ceci étant fait dans les formations disponibles au-

jourd'hui). Cela demande une très bonne connaissance des méthodes réellement appliquées ainsi que celles proposées et validées par la recherche.

À ce jour, ces travaux ont donné lieu à la publication [O10].

5) Idea2Enterprise

En novembre 2012 a démarré un nouveau projet européen Leonardo de type transfert d'innovation qui j'ai initié suite à l'intérêt fort de deux grandes organisations de recherche, conseil et formation en Portugal et en République Tchèque au transfert des résultats du projet ResEUr vers la formation professionnelle. Font également partie du consortium des PME's de conseil et formation en Chypre et en Italie.

6) AQUA

AQUA (Knowledge Alliance for Training Quality and Excellence in Automotive) est la réponse de notre communauté élargie par des clusters automobiles à l'appel d'offre pilot de la CE pour le développement des compétences métiers d'un secteur industriel particulier, une ligne particulière du futur programme « Erasmus pour tous » de Horizon 2020 (programme cadre de recherche et technologie 2013-2020). J'avais un rôle clé dans le pilotage de cette réponse qui est la seule du secteur automobile d'avoir été sélectionnée pour cofinancement parmi 72 réponses au total. Le projet débutera en janvier 2013 avec une durée de deux ans.

2.4 Activités d'encadrement de recherche industrielle sur Graz

2.4.1 Encadrement de recherche industrielle sur Graz

Par rapport à ma recherche menée sur la gestion des connaissances et de l'innovation, je me suis occupé de cet aspect d'importance croissante en poussant le sujet de la modélisation « intelligente » de toutes les fonctions et comportements afin de pouvoir transférer un maximum des activités de développement dans les phases amonts (et peu coûteuses) du processus de développement via la simulation. Créer et gérer des modèles des composants d'un système est un élément important et puissant de gestion des connaissances car les modèles contiennent intrinsèquement de la connaissance sur le système concerné. Le sujet principal de ma recherche était l'intégration des deux « mondes » liés à la

modélisation et la simulation. Ces mondes complètement séparés à l'époque étaient:

- la modélisation pour la simulation en temps réel sur les systèmes de type « HIL » (Hardware-in-the-Loop),
- et la modélisation pour la simulation hors temps réel sur les systèmes CAE (Computer Aided Engineering).

Nos recherches ont confirmé que l'on a bien besoin de ces deux types de modèle pour pouvoir simuler le comportement du système propulsif en temps réel. Six ans plus tard, on peut observer que le « développement virtuel » facilité par la modélisation fonctionnelle est effectivement devenue un des sujets principaux d'innovation dans l'industrie automobile et ailleurs. Le progrès de la rapidité de développement, du niveau de qualité, de la maîtrise de la complexité et du nombre de variantes fortement croissant, etc. est pour une grande partie facilité par le développement virtuel. La conquête du marché par des nouveaux concepts plus durables que le moteur à combustion tels que les systèmes hybrides et les systèmes complètement électriques ne fait qu'augmenter le besoin de ce mode de développement. Plus fort encore, la modélisation fonctionnelle est un outil indispensable pour la recherche et le développement de tels nouveaux systèmes interdisciplinaires sans lequel plus aucun fabricant ni fournisseur ne peut plus être compétitif. Pourtant, beaucoup de verrous scientifiques restent encore à lever dans ce domaine.

En tant que manager de l'innovation chez AVL, j'étais donc responsable d'un projet de recherche en collaboration avec trois universités, l'université de technologie de Graz en Autriche, l'université de technologie de Darmstadt en Allemagne, et l'université de technologie de Karlsruhe, également en Allemagne. A ce titre, j'ai co-encadré trois thèses qui sont issues d'un projet stratégique qui s'appelait « VDDS » (Virtual Dynamic Drive System) et dont l'objectif principal était de concevoir un modèle fonctionnel du système de propulsion d'une voiture permettant de calibrer les fonctions de contrôle de conduite en simulation de type HIL, donc en temps réel.

Du point de vue technologique, le défi principal était de concevoir et d'implémenter des modèles des composants principaux du système de propulsion d'une voiture de manière à ce qu'ils soient à la fois suffisamment fidèles pour permettre la simulation des caractéristiques importantes du système, et pas trop complexes pour faciliter leur déploiement dans un environnement HIL de l'époque et leur calcul en temps réel. Le hardware dans la boucle de simulation était dédié au control électronique du moteur, ce qui déterminait le temps réel par son cadencement, ou encore le temps d'un cycle de calcul de ce système électronique.

Du point de vue social, l'intégration des différents experts dans un projet de recherche avec des contraintes strictes du monde industriel était également une exigence considérable. Il faut souligner que le management de l'entreprise s'attendait à un résultat concret à une échéance bien définie, alors que les travaux s'effectuaient de manière distribuée à quatre endroits différents. Les experts principaux étaient les suivants :

- M. Timo Combé, doctorant au laboratoire pour moteurs à combustion de l'université de technologie à Darmstadt en Allemagne.
- Pr. Guenther Hohenberg, professeur et directeur du laboratoire pour moteurs à combustion de l'université de technologie de Darmstadt en Allemagne, directeur de la thèse de M. Combé.
- M. Christian Schyr, doctorant au laboratoire pour le développement de produits de l'université de technologie à Karlsruhe en Allemagne.
- Pr. Albert Albers, professeur et directeur du laboratoire le développement de produits de l'université de technologie à Karlsruhe en Allemagne, directeur de la thèse de M. Schyr
- M. Alexander Kollreider, doctorant au laboratoire pour les éléments de machine et la méthodologie de développement de l'université de technologie à Graz en Autriche.
- Pr. Gunther Juergens, professeur et directeur du laboratoire pour les éléments de machine et la méthodologie de développement de l'université de technologie à Graz en Autriche, directeur de la thèse de M. Kollreider.

Grâce à ces personnes et leurs collègues des laboratoires, toutes compétences requises pour affronter les défis du projet avec succès ont été réunies. A part la coordination des travaux, ma contribution principale était la définition des objectifs scientifiques de chaque étape en fonction des résultats intermédiaires, et l'intégration de tous les éléments dans un système cohérent.

Ce projet a donné lieu aux thèses doctorales suivantes:

- *Combé, T.: Beitrag zur Drehmomentsimulation von Verbrennungsmotoren in Echtzeit. Darmstadt : Thèse de Docteur Ingénieur, Université de Technologie de Darmstadt, 2006.*
- *Kollreider, A.: Systemanalyse und Simulation von Antriebssträngen. Graz : Thèse de Docteur Ingénieur, Université de Technologie de Graz, 2006.*
- *Schyr, Ch.: Modellbasierte Methoden für die Validierungsphase im Produktentwicklungsprozess mechatronischer Systeme am Beispiel der Antriebsstrangentwicklung. Karlsruhe : Thèse de Docteur Ingénieur, Université de Technologie de Karlsruhe, 2006.*

Il a également donné lieu aux autres publications [A1], [O2,3,4].

Il faut dire que ce projet a donné les résultats et les expériences qui ont permis à AVL à maîtriser le processus de développement « virtuel » (i.e., basé sur la modélisation) mieux que ses compétiteurs et de manière intégrée avec ses clients, notamment les grandes marques automobiles.

En 2003 j'ai également encadré une thèse de master dans le domaine de la conception de produit orientée vers les fonctions (FOD : Function Oriented Design) pendant mon travail chez AVL LIST et mon doctorat.

Monsieur Andreas Hahn, étudiant en génie mécanique et en génie économique à l'Université de Technologie de Vienne en Autriche, a appliqué le concept FOD à la configuration robuste des systèmes d'essai de systèmes propulsifs d'automobile complexes.

(Hahn, A.: Konsistente werkzeuggestützte Konfiguration komplexer Motor- und Antriebstrangprüfsysteme. Vienne : Thèse de Master, Université de Technologie de Vienne, décembre 2003.)

2.5 Activités d'encadrement de recherche académique sur Grenoble

2.5.1 Thèse doctorale en gestion des connaissances

De juin 2008 à décembre 2011 j'ai co-encadré la thèse doctorale de Mademoiselle Pawinee Boonyasopon dans le domaine de gestion des connaissances, et plus particulièrement dans l'extraction de la connaissance à partir des documents (textes). (Thèse de l'Université de Grenoble, spécialité Génie Industriel, soutenue le 21 décembre 2011. Encadrement : Serge Tichkiewitch (30%), Andreas Riel (70%)).

Le résultat principal de cette thèse est une approche systématique pour appliquer des outils et des techniques d'exploitation des textes connus et édités sous forme électronique afin de faciliter la tâche de création d'une bonne bibliographie pour des travaux de recherche, en mettant un accent particulier sur des citations cross-disciplinaires.

Il est clairement souligné que la création de nouveaux algorithmes d'exploitation des textes est en dehors du champ de cette thèse, mais que le caractère innovateur se situe ici dans l'application des approches existantes à une problématique spécifique, et de sa démonstration dans un domaine de recherche particulier. Cependant, le système proposé, ses fonctions, et les algorithmes

proposés sont suffisamment génériques pour être appliqués à n'importe quel autre champ de recherche.

La méthodologie et les outils proposés dans cette thèse permettent de proposer une approche systématique pour appliquer des outils et des techniques d'exploitation de textes pour fournir les « bonnes » bibliographies, c'est à dire, avec des références à la littérature qui est appropriée à un papier proposé dit 'de référence'.

Le corpus initial de documents utilisé est la collection des 1500 papiers publiés ces 10 dernières années dans les 'CIRP Annals' (Elsevier). La comparaison se fait sur une analyse des mots extraits des textes complets et non sur de simples mots clés. La principale utilité de ce travail est donc de pouvoir extraire une bibliographique très cohérente au contenu d'un papier soumis, intégrant la transdisciplinarité, et facilitant l'innovation par transfert de connaissance d'un domaine à un autre. Faciliter la diffusion rapide des documents récents peut aussi permettre l'accroissement de la notoriété d'un journal par l'augmentation de son facteur d'impact, et pour un éditeur de sélectionner plus facilement des 'reviewers' expérimentés.

À ce jour, cette thèse a donné lieu aux publications [A8,9,10], [B20], [I2].

(Boonyasopon, P.: Extraction de connaissances à partir de documents de recherche pour l'amélioration de leurs citations et impacts. Grenoble : Thèse doctorale, Université de Grenoble, décembre 2011.)

Un logiciel d'application est actuellement en test sur le site Web d'EMIRacle (www.emiracle.eu).

Pawinee Boonyasopon est actuellement sur un poste équivalent à Maître de Conférences au « King Mongkut's University of Technology North Bangkok » (KMUTNB).

Un développement sur le sujet de cette thèse est donné dans les projets et perspectives de recherche.

2.5.2 Thèse doctorale en gestion d'innovation

Depuis février 2010 je co-encadre la thèse doctorale de Monsieur Martin Neumann dans le domaine de gestion de l'innovation, et plus particulièrement dans la mise en œuvre d'un processus pour la structuration des phases « floues » (peu ou pas structurées) en amont du processus de développement. (Thèse de l'Université de Grenoble, spécialité Génie Industriel, soutenance prévue le 28 janvier 2013. Encadrement : Daniel Brissaud (20%) et Andreas Riel (80%), en contrat industriel avec KSPG AG.)

L'objectif principal de cette thèse est de proposer et valider une approche à la fois systématique et systémique à la création et gestion des idées pour des nouveaux produits et services dans le contexte d'une entreprise innovante pilotée par des processus. Dans un contexte économique où la pression d'innover s'accroît de plus en plus rapidement, les entreprises de toute taille ont fort besoin de pouvoir générer, réaliser, et valoriser les idées pour de nouveaux produits et services. Les employés de l'entreprise représentent une source potentiellement très riche d'idées. Cette thèse part du constat que cette source est trop souvent sous-exploitée, ceci étant du largement au manque d'une culture d'entreprise qui facilite la création et l'élaboration d'idées de manière conséquente et proactive. Inspirée par le concept moderne de l'innovation ouverte, elle formule l'hypothèse que l'intégration de nombreux acteurs dans et en dehors de l'entreprise dans le processus de l'innovation permet d'augmenter à la fois la quantité et la qualité d'idées nées et valorisées.

Le contexte du cas d'étude associé est donné par l'entreprise KSPG AG, un grand fournisseur mondial dans l'automobile basé à Neckarsulm en Allemagne. Cette entreprise cherche à mettre en œuvre une approche systématique à la création et gestion d'idées qui s'intègre dans le processus de gestion d'innovation en complément au processus de pré-développement des nouveaux produits. Le doctorant, Monsieur Martin Neumann, est le manager de l'innovation chez KSPG.

La méthodologie de cette recherche passe par l'analyse de l'état de l'art dans la gestion d'idées, ainsi que des meilleures pratiques industrielles afin d'identifier les facteurs clés de succès. Afin de trouver une démarche bien adaptée au contexte et à la culture de l'entreprise KSPG, il faut développer un processus de gestion d'idées autour de ces facteurs (qui prenne en compte le contexte spécifique et l'organisation propre à l'entreprise). La validation de la démarche proposée se fait par l'application du processus dans l'entreprise par une campagne d'idées au travers de toutes les unités et départements.

À ce jour, cette thèse a donné lieu aux publications [A11,12], [B19,21,22,25], [O8,9].

2.6 Publications

Mon parcours atypique d'abord industriel puis académique se traduit dans mes publications par des brevets, logiciels et revues industrielles spécialisées puis par des publications plus traditionnelles académiquement en journaux, chapitres d'ouvrages, conférence invitée et congrès.

2.6.1 Thèse

- [T1] Riel A.: *From DMU to BMU: Towards Simulation-Guided Automotive Powertrain Development*. Vienne : Thèse de Docteur Ingénieur, Université de Technologie de Vienne, Mai 2005.

2.6.2 Brevets

- [R1] Pflügl, H.; Riel, A.; Gschweidl, K.: *Model based on-line optimization*. European Patent No. EP1150186, 2001.
- [R2] Pflügl, H.; Riel, A.; Gschweidl, K.: *Model based on-line optimization method*. United States Patent No. 6594575, 2003.

2.6.3 Revues internationales à comité de lecture

- [A1] Riel, A., Schyr, C., Brenner, E.: Automotive Virtual Drivability Calibration as a Case for the BMU Systems Engineering Concept. *WSEAS Transactions on Systems*. Issue 10, Vol. 4, October 2005, pp 1610-1618. (h-index 15 revue)
- [A2] Riel, A.; Tichkiewitch, S.; Messnarz, R.: The Profession of Integrated Engineering: Formation and Certification on a European Level. *Academic Journal of Manufacturing Engineering*. Issue 2, Vol. 6, May 2008, pp. 193-200. (h-index 4 revue)
- [A3] Riel, A.; Boonyasopon P.: A Knowledge Mining Approach to Document Classification (Keynote paper). *The Asian International Journal of Science and Technology in Production and Manufacturing*, 2(3), 2009, pp. 1-10.
- [A4] Riel, A.; Tichkiewitch, S.; Messnarz, R.: Integrated Engineering Skills for improving the System Competence Level. *Software Process Improvement and Practice (SPIP)*. Wiley, Vol. 14, Nov/Dec 2009, pp. 325-335. (h-index 36 revue)
- [A5] Draghici, G.; Draghici, A.; Riel A.; Tichkiewitch S.; Messnarz R.: Education, Qualification and Certification of Integrated Design Engineers. *Review of Management and Economical Engineering*, Vol. 8, Nr. 1A (31), 2009, Editura Todesco, Cluj-Napoca, ISSN:1583-624X, pp. 53-61.
- [A6] Riel, A.; Tichkiewitch, S.; Messnarz, R.: Qualification and Certification for the Competitive Edge in Integrated Design. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*. Special Issue on Competitive Design, 2(4), 2010, pp. 279-289. (h-index revue 12)
- [A7] Riel, A., Draghici, A., Draghici, G., Grajewski, D., Messnarz, R.: Process and product innovation needs integrated engineering collaboration skills. *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and*

- Practice*, Issue 5, Vol. 24, 2012, DOI: 10.1002/smr.497 (2010), pp. 551-560. (h-index revue 34)
- [A8] Boonyasopon, P., Riel, A.: A Knowledge Mining Approach to Document Classification. *Asian International Journal of Science and Technology in Production and Manufacturing Engineering (AIJSTPME)*, Issue 3, Vol. 2, 2009, pp. 1-10.
- [A9] Boonyasopon, P., Riel, A.: Knowledge Mining in Manufacturing and Management. *Asian International Journal of Science and Technology in Production and Manufacturing Engineering (AIJSTPME)*, Issue 3, Vol. 3, 2010, pp. 19-28.
- [A10] Boonyasopon, P.; Riel, A.; Uys, W.; Louw, L.; Tichkiewitch, S.; du Preez, N.: Automatic Knowledge Extraction from Manufacturing Research Publications. *CIRP Annals*, Vol. 60 (2011), pp. 477-480. (h-index revue 109, impact factor 1,684)
- [A11] Neumann, M.; Riel, A.; Brissaud, D.: IT-supported Innovation Management in the Automotive Supplier Industry to Drive Idea Generation and Leverage Innovation. *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice*. DOI: 10.1002/smr.578 (2011), 11 pages. (h-index revue 34)
- [A12] Neumann, M.; Riel, A.; Brissaud, D.: Sustainable innovation management in the automotive supplier industry. *International Journal of Technology Intelligence and Planning (IJTIP)*, Issue 5, Vol. 7, DOI: 10.1504/IJTIP.2011.045093, pp. 327-343. (h-index revue 12)

2.6.4 Livres

- [R1] Riel, A.; O'Connor, R.; Tichkiewitch, S.; Messnarz, R. (eds.): *Systems, Software and Service Process Improvement: 17th European Conference, EuroSPI 2010*, Grenoble, France, September 1-3, 2010, Proceedings, Springer Communications in Computer and Information Science, Vol. 99, ISBN 978-3642156656.
- [R2] Messnarz, R.; Riel, A. (eds.): *EuroSPI 2010 Industrial Proceedings, 17th European Conference, EuroSPI 2010*, Grenoble, France, September 1-3, 2010, Industrial Proceedings Delta Publisher, ISBN 978-87-7398-152-8.

2.6.5 Chapîtres d'ouvrages

- [O1] Riel, A.; Brenner, E.: Shape to Function: From DMU to BMU. *Experiences from the Future. New Methods and Applications in Simulation for Production and Logistics*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, October 2004, pp 275-288, ISBN 3-8167-6640-4.

- [O2] Combé, T.; Kollreider, A.; Riel, A.; Schyr, C.: Echtzeitsimulation des Motormoments zur Abstimmung von Fahrzeuglängsdynamik. *Messtechnik und Simulation in der Motorenentwicklung*. Renningen: expert Verlag, November 2004, pp 10-25, ISBN 3-8169-2469-7.
- [O3] Riel, A.; Kollreider, A.; Schyr, C.; Combé, T.: Abstimmung der Fahrzeug-Längsdynamik im virtuellen Fahrversuch. *Simulation und Test in der Funktions- und Steuergeräteentwicklung*. Renningen: expert Verlag, March 2005, pp 234-241, ISBN 3-8169-2491-3.
- [O4] Kollreider, A.; Schyr, C.; Riel, A.; Combé, T.: Echtzeitsimulation des Antriebsstrangs zur Abstimmung von Fahrzeuglängsdynamik. *Dynamisches Gesamtsystemverhalten von Fahrzeugantrieben*. Renningen: expert Verlag, March 2005, pp 84-100, ISBN 3-8169-2479-4.
- [O5] Tichkiewitch, S.; Riel, A.: European Qualification and Certification for the Lifelong Learning. Keynote Paper. Fischer, X.; Nadeau, J-P. (eds.): *Research in Interactive Design: Virtual, Interactive and Integrated Product Design and Manufacturing for Industrial Innovation*, 2010, Springer, ISBN 978-2817801681, pp. 135-146.
- [O6] Draghici, A.; Draghici, G.; Izvercianu, M.; Riel, A.; Tichkiewitch, S.; Messnarz, R.: Qualification and Certification of Research-Entrepreneur Skills Using the ECQA Platform. *CENTERIS (2) 2010: Enterprise Information Systems*. Communications in Computer and Information Science, 2010, Springer, Volume 110, Part 4, 249-258, DOI: 10.1007/978-3-642-16419-4_25
- [O7] Messnarz, R.; Bachmann, O.; Ekert, D.; Riel, A.: SPICE Level 3 - Experience with Using E-Learning to Coach the Use of Standard System Design: Best Practices in Projects. Riel, A.; O'Connor, R.; Tichkiewitch, S.; Messnarz, R. (eds.): *Systems, Software and Service Process Improvement: 17th European Conference, EuroSPI 2010*, Grenoble, France, September 1-3, 2010, Proceedings, Springer Communications in Computer and Information Science, Vol. 99, ISBN 978-3642156656, pp. 213-221.
- [O8] Neumann, M.; Riel, A.; Brissaud, D.: Improvement of Innovation Management through the Enlargement of Idea Sources. O'Connor, R.V.; Pries-Heje, J.; Messnarz, R. (eds.): *Systems, Software and Service Process Improvement: 18th European Conference, EuroSPI 2011*, Copenhagen, Denmark, June 2011, Proceedings, Springer Communications in Computer and Information Science, Vol. 172, ISBN 978-3-642-22205-4, pp. 278-289.
- [O9] Neumann, M.; Riel, A.; Ili, S.; Brissaud, D.: Towards an Ideation Process applied to the Automotive Supplier Industry. Winkler, D., O'Connor, R.V., Messnarz, R. (eds.): *Systems, Software and Service Process Improvement: 19th European Conference, EuroSPI 2012*, Vienna, Austria,

June 2012, Proceedings, Springer Communications in Computer and Information Science, Vol. 301, ISBN 978-3-642-31198-7, pp. 229-240.

- [O10] Riel, A.; Bachmann, O.; Dussa-Zieger, K.; Kreiner, C.; Messnarz, R.; Nevalainen, R.; Sechser, B.; Tichkiewitch, S.: EU Project SafeUr - Competence Requirements for Functional Safety Managers. Winkler, D., O'Connor, R.V., Messnarz, R. (eds.): *Systems, Software and Service Process Improvement: 19th European Conference, EuroSPI 2012*, Vienna, Austria, June 2012, Proceedings, Springer Communications in Computer and Information Science, Vol. 301, ISBN 978-3-642-31198-7, pp. 253-265.

2.6.6 Conférences invitées dans Congrès internationaux

- [I1] Riel, A.: "EU Certificates and Knowledge Communities in Europe: An unbeatable Symbiosis", Keynote de "*EQN Founding and Dissemination Conference*", December 2006, Krems, sur CD-ROM.
- [I2] Riel, A.: "Topic Identification and Classification of Documents", Keynote de "*CIRP Manufacturing Systems Conference*", June 2009, Grenoble, sur CD-ROM.
- [I3] Riel, A.: "From Software Process Improvement to System and Process Integration. Where is SPI going?", Keynote de "*EuroSPI² 2010 Conference*", 1-3 September 2010, Grenoble, sur <http://2010.eurospi.net>.
- [I4] Riel, A.: Integrated Design – A Set of Competences and Skills required by Systems and Product Architects. Keynote Paper. Riel, A.; O'Connor, R.; Tichkiewitch, S.; Messnarz, R. (eds.): *Systems, Software and Service Process Improvement: 17th European Conference, EuroSPI 2010*, Grenoble, France, September 2010, Proceedings, Springer Communications in Computer and Information Science, Vol. 99, ISBN 978-3642156656, pp. 233-244.
- [I5] Riel, A.: "ECQA Certified Integrated Design Engineer. Learning to Design the Products, Services and Systems of Tomorrow", Keynote de "*ECQA 2010 Conference*", 30 September – 1 October 2010, Budapest, sur CD-ROM.
- [I6] Riel, A.: "The Extension of the Existing IT Oriented Innovation Manager to the Manufacturing Field", Invited Keynote Paper, *Proceedings of the 7th International Conference on Computing and Information Technology (IC²IT 2011)*, 11-12 May 2011, Bangkok, IEEE Thailand Section, ISBN 978-974-19-3332-7, pp. xxxi-xxxix (numérotation spéciale pour les keynotes).
- [I7] Riel, A.: Innovation Managers 2.0: Which Competencies? Invited Keynote Paper, O'Connor, R.V.; Pries-Heje, J.; Messnarz, R. (eds.): *Systems, Software and Service Process Improvement: 18th European Conference*,

EuroSPI 2011, Copenhagen, Denmark, June 2011, Proceedings, Springer Communications in Computer and Information Science, Vol. 172, pp. 278-289.

2.6.7 Journaux spécialisés à référence industrielle

- [J1] Riel, A.; Hasewend, W.; Bogner, E.; Fischer, R.: Modellierung von Fahrzeug und Antriebsstrang im gesamten Entwicklungsprozess. *ATZ* 106 (2004), Issue 6.
- [J2] Riel, A.; Hasewend, W.; Bogner, E.; Fischer, R.: Vehicle and Powertrain Modelling in the Whole Development Process. *ATZ worldwide* 106 (2004), Issue 6.
- [J3] Riel, A.; Combé, T.; Kollreider, A.; Schyr, C.: Modellabbildung des Antriebsstrangs zur Echtzeitsimulation von Fahrzeuglängsdynamik. *MTZ* 66 (2005), Issue 1.
- [J4] Riel, A.; Combé, T.; Kollreider, A.; Schyr, C.: Powertrain Modelling for the Real-Time Simulation of Longitudinal Vehicle Dynamics. *MTZ worldwide* 66 (2005), Issue 1.
- [J5] Riel, A.: Wettbewerbsvorsprung durch Integrations-Kompetenzen. *SQ Magazin* 20 (2011), Issue 1, p. 25.

2.6.8 Congrès internationaux avec comité de lecture et actes

- [B1] Gschweidl, K.; Pflügl, H.; Riel, A.; Leithgöb, R.: CAMEO im Online-Motoroptimierungsprozess mit statistischen Verfahren. *Tagungsband zum 4. Internationales Symposium für Verbrennungsdiagnostik*. Baden-Baden, 2000.
- [B2] Riel, A.; Brenner, E.: From DMU to BMU: Modelling Geometry and Function. *Proceedings of the International Conference Automotive Virtual Product Development*. Graz, May 2004, sur CD-ROM.
- [B3] Riel, A.; Brenner, E.: Simulation Interoperability in Product Development. *Proceedings of the 2004 European Simulation Interoperability Workshop (Euro-SIW 2004)*. Edinburgh, June 2004, sur CD-ROM.
- [B4] Riel, A.; Brenner, E.: The Way to Automotive Virtual Vehicle Application. *Proceedings of the 1st International Conference From Scientific Computing to Computational Engineering (IC-SCCE)*. Athens, September 2004, sur CD-ROM.
- [B5] Riel, A.: Die Virtuelle Testfahrt: Fahrkomfort-Abstimmung durch Simulation. *Tagungsband zum 3. Internationalen CTI Automobil-Technologie-Kongress AutoTec 2005*. Stuttgart, January 2005, sur CD-ROM.

- [B6] Riel, A.; Kollreider, A.; Schyr, C.; Combé, T.: The Virtual Test Drive: Towards Virtual Drivability Calibration. *Proceedings of the International Conference Automotive Virtual Product Development*. Graz, March 2005, sur CD-ROM.
- [B7] Riel, A., Schyr, C., Brenner, E.: Test Driving Automotive Virtual Drivability Calibration and BMU. *Proceedings of the 5th WSEAS International Conference on Simulation, Modelling and Optimization (SMO '05)*. Papier invité. Corfu, August 2005, sur CD-ROM.
- [B8] Riel, A.; Tichkiewitch, S.; Messnarz, R.: Integrated Engineering Skills: Improving your System Competence Level. *Proceedings of the EuroSPI² 2008 International Conference*. Dublin, September 2008, ISBN 978-87-7398-150-4, pp. 8.9-8.20.
- [B9] Riel, A.; Tichkiewitch, S.; Messnarz, R.: Digital Enterprise Technology requires Integrated Skills and Integrated Qualification. *Proceedings of the CIRP International Conference on Manufacturing Engineering Education, CIMEC'08*. Nantes, October 2008, digital proceedings.
- [B10] Riel, A.; Tichkiewitch, S.; Messnarz, R.: European-wide Formation and Certification for the Competitive Edge in Integrated Design. *Proceedings of the CIRP Design Conference 2009*. Cranfield, March 2009, ISBN 978-0-9557436-4-1, pp. 560-567.
- [B11] Messnarz, R.; Spork, G.; Riel, A.; Tichkiewitch, S.: Dynamic Learning Organisations Supporting Knowledge Creation for Competitive and Integrated Product Design. *Proceedings of the CIRP Design Conference 2009*. Cranfield, March 2009, ISBN 978-0-9557436-4-1, pp. 104-108.
- [B12] Riel, A.; Tichkiewitch, S.; Grajewski, R.; Weiss, Z.; Draghici, A.; Draghici, G.; Messnarz, R.: Qualification and Certification of Life Cycle Engineering Skills of Design Engineers. *Proceedings of the 16th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering (LCE 2009)*. Cairo, May 2009, on CD-ROM, ISBN 978-0-9783187-2.
- [B13] Draghici, G.; Draghici, A.; Riel, A.; Tichkiewitch, S.; Messnarz, R.: Education Qualification and Certification of Integrated Design Engineers. Keynote. *Proceedings of the 4th International Conference on Manufacturing Science and Education (MSE 2009)*, Vol. II, Sibiu, June 2009, pp. 79-82, ISSN 1843-2522.
- [B14] Riel, A.; Tichkiewitch, S.; Grajewski, R.; Weiss, Z.; Draghici, A.; Draghici, G.; Messnarz, R.: Formation and Certification of Integrated Design Engineering Skills. *Proceedings of the 17th International Conference in Engineering Design (ICED'09)*, Vol. 10, Design Education and Lifelong Learning. The Design Society, Stanford University, Stanford, CA, USA, August 2009, ISBN 9-781904-670148, pp. 161-170.
- [B15] Riel, A.; Tichkiewitch, S.; Draghici, A.; Draghici, G.; Messnarz, R.: Integrated Engineering Collaboration Skills to Drive Product Quality and

- Innovation. *Proceedings of the EuroSPI² 2009 International Conference*. Madrid, September 2009, pp. 2.11-2.20.
- [B16] Draghici, G.; Draghici, A.; Riel, A.; Tichkiewitch, S.; Messnarz, R.: European Certification of the Integrated Design Engineer. *Proceedings of the 6th International Conference on the Management of Technological Changes*, September 2009, Alexandroupolis, Vol. 2, Democritus University of Thrace, ISBN: 960-89832-8-1, pp. 239-242.
- [B17] Draghici, G.; Draghici, A.; Riel, A.; Messnarz, R.; Vajde-Horvath R.: Opportunities for the European Certification of the Integrated Designer and Entrepreneur Professions. *Proceedings of the Annual Session of Scientific Papers IMT Oradea 2010*, Extended Abstracts, ISBN 978-606-10-0128-6, pp. 4.44, Annals of the Oradea University, Fascicle of Management and Technological Engineering, CD-ROM Edition, vol. IX (XIX), nr.1, 2010, ISSN 1583-0691, pp. 4.139-4.148.
- [B18] Draghici, G.; Draghici, A.; Riel, A.; Tichkiewitch, S.; Grajewski, D.; Messnarz, R.: Opportunities for the European Certification of the Integrated Designer Profession (Keynote). *Proceedings of the 14th International Conference ModTech 2010*, May 2010, Slănic Moldova, Romania, ISSN 2066-3919, pp. 259-262.
- [B19] Neumann, M.; Riel, A.; Brissaud, D.: Innovation Management System for the Automotive Supplier Industry to Drive Idea Generation and Product Innovation. *Proceedings of the 17th EuroSPI Conference*. Grenoble, September 2010, ISBN 978-87-7398-152-8, pp. 7.13-7.24.
- [B20] Boonyasopon, P.; Riel, A.; Tichkiewitch, S.: Knowledge Mining in Manufacturing and Management. *Proceedings of the 10th Global Congress on Manufacturing and Management (GCMM'10)*, Innovative Design for Sustainability in Manufacturing and Management. King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, Thailand, November 2010, on CD-ROM, ISBN 978-0-9805827-3-4, pp. 349-358.
- [B21] Neumann, M.; Riel, A.; Brissaud, D.: Improvement of Idea Generation by Capitalisation on Internal and External Stakeholders. *Proceedings of the 18th EuroSPI Conference*. Roskilde, June 2011, ISBN 978-87-7398-153-5, pp. 3.25-3.33.
- [B22] Neumann, M.; Riel, A.; Brissaud, D.: Innovation Management System for Sustainable Innovation in the Automotive Supplier Industry. Huizingh, K. R. E.; Conn, S.; Torkkeli, M.; Bitran, I. (Eds.): *The XXII ISPIM Conference – Sustainability in Innovation: Innovation Management Challenges (June 2011)*, Conference Booklet, p. 34, ISBN 978-952-265-091-7.
- [B23] Riel, A.; Tichkiewitch, S.: From Research to Sustainable Innovation and Entrepreneurship: Which Competences? *Proceedings of IMProVe 2011*. Venice, June 2011, ISBN 978-887784-328-9, p. 129 (abstract) and CD-ROM.

- [B24] Draghici, A.; Draghici, G.; Riel, A.; Tichkiewitch, S.: Research Entrepreneurship Development – A Possible Solution at the European Level. *Proceedings the 5th International Conference on Manufacturing Science and Education (MSE 2011)*, Vol. II, Sibiu, June 2-5, 2011, Romania, ISSN 1843-2522, pp. 135-138.
- [B25] Neumann, M.; Riel, A.; Ili, S.; Brissaud, D.: Towards an Ideation Process applied to the Automotive Supplier Industry. *Proceedings of the 19th EuroSPI Conference*. Vienna, June 2012, ISBN 978-87-7398-154-2, pp. 7.1-7.3 (abstract).
- [B26] Riel, A.; Tichkiewitch, S.: E-Learning and Certification to face MITIP Challenges. *Proceedings of the MITIP Conference 2012*. Budapest, October 2012, 14 pages, sur CD-ROM.

2.6.9 Autre colloque autrichien/allemand

- [C1] Kollreider, A.; Schyr, C.; Riel, A.; Combé, T.: Echtzeitsimulation des Zweimassenschwungrades zur Abstimmung der Fahrzeuglängsdynamik. *Tagungsband zum Symposium Feder- und Dämpfungssysteme im Fahrzeugbau*. Graz, May 2005.

2.6.10 Logiciels

- [L1] Gschweitl, K.; Pfluegl, H.; Riel, A. (1996-1999): CAMEO, Versions 1.0-1.3, Logiciel commercial.
- [L2] Riel, A. (1996-1998): ASAM-C Implementation of ACS-I, Versions 1.0-1.1, Logiciel.

2.6.11 Actions de vulgarisation

- [V1] Riel, A. (Editeur) : *EMIRACLE*. Lettre d'information électronique trimestrielle du réseau d'excellence VRL-KCiP et de l'association EMIRAcle. Issues 1-3/2007.

2.6.12 Standards Internationaux, Projets Européens

- [S1] Riel, A.; Gschweitl, K.: STAUMECS Deliverable 2.2.1 A1-1: ACS-I Functional Specification, ASAM.e.V., 1997.
- [S2] Riel, A.: STAUMECS Deliverable 2.3 A1-A5: ASAM-C Implementation of ACS-I, ASAM.e.V., 1997.
- [S3] Riel, A. et al.: Standardisation Documents of the ASAM-ACI Interface, ASAM e.V., 1997.

- [S4] Bertuzzi, M; Riel, A.: STAUMECS Deliverable D-1.3.1 A3-1: “Testap-
plication to verify the Upper Level Interface”, ASAM e.V., 1997.
- [S5] Bertuzzi, M.; Riel, A.: STAUMECS Deliverable D-1.4: “Upper Level
Interfaces”, ASAM e.V., 1999.

2.6.13 Livres pédagogiques

- [L1] Riel, A.: *Der Schnelleinstieg zu Turbo-Pascal 6.0*, Data Becker, Düssel-
dorf, 1991.
- [L2] Riel, A.: *Snelcursus Turbo-Pascal 6.0*, Data Becker, Amsterdam, 1991.

2.7 Participation à des comités de relecture des revues scientifiques

Membre du comité de relecture pour les revues

- *Journal of Engineering Design (JED)*, Taylor & Francis, ISSN 0954-
4828 (Print), 1466-1837 (Online)
- *IEEE Software*, IEEE Computer Society, ISSN 0740-7459
- *Journal of Information Technology and Application in Education (JITAE)*, World Academic Publishing, ISSN 2227-6459 (Print), 2227-6467 (Online)

2.8 Participation à des comités scientifiques de conférences

Président du comité d’organisation du colloque international « European Sys-
tems and Software Process Improvement and Innovation 2010 » (EuroSPI² 2010,
110 participants).

Membre des comités scientifiques de :

- « International Conference on Engineering Design 2007 » (ICED 07,
1200 participants),
- « European Software Process Improvement 2007 » (EuroSPI 2007, 140
participants),
- « European Software Process Improvement and Innovation 2008 »
(EuroSPI² 2008, 130 participants).
- « European Software Process Improvement and Innovation 2009 »
(EuroSPI² 2009, 110 participants).
- « European Systems and Software Process Improvement and Innova-
tion 2010 » (EuroSPI² 2010, 110 participants).
- « European Systems and Software Process Improvement and Innova-
tion 2011 » (EuroSPI² 2011, 120 participants).

- « European Systems and Software Process Improvement and Innovation 2012 » (EuroSPI² 2012, 120 participants).
- « CIRP Design Conference 2011 » (CIRP Design 2011, 300 participants).
- « International Conference on Engineering Design 2011 » (ICED 11, 1200 participants).
- « ICED DESIGN 2012 Conference » (150 participants).
- « Asia-Pacific Automotive Engineering Conference » (SAE APAC 2013, 500 participants expected)
- « International Conference on Engineering Design 2013 » (ICED 13, 1200 participants expected).
- « European Systems and Software Process Improvement and Innovation 2013 » (EuroSPI² 2012, 120 participants expected).

2.9 Activités d'évaluateur

Depuis 2011 j'interviens en tant qu'évaluateur des propositions de projets européens au sein de l'agence nationale française du programme Leonardo da Vinci de la CE.

3 Activités d'enseignement

En 2007 et 2008 :

Projet : Projet de Conception, en 1^{ère} année à l'ENSHMG puis l'ENSGI (40h élève)

Dans le cadre de la première année les élèves travaillent en groupes de 3 à 5 personnes sur un projet tutoré à caractère industriel. J'ai accompagné les 6 projets suivants :

- Le paramétrage d'un système du silo d'extraction de pulvérisant.
- La conception d'un site web d'information sur la fonderie en coquille.
- La reconstruction tridimensionnelle d'une pièce forgée à partir de ses sections.
- Un concept d'un système de surveillance télématique du fonctionnement du silo.
- Un système de transport des handicapés pour randonnées.
- Un système mécanique d'assistance à la propulsion pour un vélo.

En 2010 et 2011 :

Cours doctoral « Conception intégrée pour les produits de demain », école doctorale I-MEP2 (24h étudiant)

Ce cours est basé sur les résultats du projet iDesigner (voir ci-dessus, 2.3.3.1.). Il s'est fait en salle sous la forme d'un séminaire sur une semaine complète.

En 2011 et 2012 :

UE : iDesigner – Conception Intégrée, en 3^{ième} année à l'ENSGI (30h élève)

Ce cours est également basé sur les résultats du projet iDesigner (voir ci-dessus, 2.3.3.1.) mais contrairement au cours cité ci-dessus, il se fait de manière innovante en combinant du e-learning avec des séances en salle, ces dernières destinées principalement à travailler avec les élèves sur des exercices de manière interactive.

4 Certifications professionnelles

ECQA Certified European Innovation Manager and Trainer (40h de formation)

J'ai été qualifié par l'ECQA comme enseignant du cours « ECQA Certified European Innovation Manager » en 2006. L'enseignement comprend 6 unités thématiques pour un total de 23 éléments.

ECQA Certified European Integrated Design Engineer and Trainer (40h de formation)

J'ai été qualifié par l'ECQA comme enseignant du cours « ECQA Certified Integrated Design Engineer » en 2009, sur la base de mon expérience préalable dans ce domaine et en tant que concepteur de ce programme.

ECQA Certified European Researcher-Entrepreneur and Trainer (40h de formation)

J'ai été qualifié par l'ECQA comme enseignant du cours « ECQA Certified Researcher-Entrepreneur » en 2011, en tant que concepteur de ce programme.

INTACS™ Certified Automotive SPICE® Provisional Assessor (36h formation continue)

J'ai été qualifié par l'INTACS™ (www.intacs.org) comme évaluateur junior pour la certification de la maturité des processus de développement de systèmes selon le standard « Automotive SPICE® ». Cette certification me permet d'intervenir en tant qu'évaluateur dans les entreprises du secteur automobile, mais aussi pour d'autres secteurs industriels (le secteur automobile étant reconnu comme une référence en la matière).

5 Activités administratives

5.1 Gestion du Réseau d'Excellence VRL-KCiP

Le « Virtual Research Lab for a Knowledge Community in Production » (VRL-KCiP) était un REX (réseau d'excellence) du 6^{ème} PCRD de la Communauté Européenne, créé en juillet 2004 pour une durée de 4 ans et doté d'un budget de 6,3 M€. Ce réseau a été animé par une équipe de 7 permanents répartis sur les sites des membres du comité de direction du réseau, le directeur général étant le Professeur Serge Tichkiewitch du laboratoire G-SCOP. Outre une secrétaire et un ingénieur informaticien, les 5 permanents restants formaient l'"Integrative Management Team" (IMT) en charge de la gestion, de l'intégration ainsi que de la valorisation du réseau.

J'ai donc été un des membres de cette équipe ayant a géré 24 entités de recherche originaires de 15 pays de la communauté européenne élargie (dont la Suisse et Israël), regroupant 218 chercheurs permanents et 160 thésards, et dont la vocation était de créer une véritable structure juridique de recherche au niveau Européen afin de défragmenter la recherche. C'est donc dans ce cadre que j'ai participé à la création d'une Association Internationale sans but lucratif de droit Belge, EMIRAcle (European Manufacturing and Innovation Research Association, a cluster leading excellence).

Le réseau d'excellence regroupe une communauté de la connaissance sur les systèmes de production, ce terme englobant pour l'Europe toutes les phases de la vie d'un produit, de sa conception à son démantèlement. Il s'agit donc de capitaliser les connaissances sur ces systèmes pour mieux les utiliser dans une structure de conception collaborative permettant la conception des produits, des services associés et des systèmes de production nécessaires à leur fabrication et diffusion, ceci en prenant en compte l'innovation, le développement durable et les besoins sociétaux.

Le challenge majeur du travail de l'équipe d'intégration par rapport à la valorisation était d'orienter le travail des laboratoires vers un système qui permet la pérennité de l'association.

Le challenge d'un tel réseau est extrêmement important et la charge de sa gestion est de même nature que la gestion d'un gros laboratoire, à laquelle s'ajoutent tous les problèmes liés à la multi-culturalité, à la délocalisation, à la non-homogénéité des équipes, etc.

5.2 Gestion d'innovation au sein d'EMIRAcle

Lors du passage du REX VRL-KCiP à l'AISBL EMIRAcle, je suis resté dans l'équipe de permanents en tant qu'ingénieur de recherche.

Au sein de l'association EMIRAcle je m'occupe principalement du montage, de l'implémentation et de la gestion des projets de valorisation de recherche tels que iDesigner, ResEUr, LSSA ou SafeUr, projets qui visent à la fois à renforcer les liens de l'association avec les industriels et à rendre disponible sous forme de cours et de certification de la connaissance de pointe dans le domaine de l'innovation et du développement de produits, services et systèmes modernes. Ces cours sont tous issus de résultats de recherche auxquels j'ai contribué. Ce but, bien coordonner et faciliter la collaboration étroite entre les différents réseaux des chercheurs, enseignants, et acteurs de l'industrie présente un très grand défi.

Dans le cadre des activités de l'association, j'interviens aussi avec le Pr Serge Tichkiewitch, en tant qu'expert nommé par le « Science Technology and Innovation Policy Office » (STI) de Bangkok (Thaïlande), entité interministérielle définissant les politiques gouvernementales. Nous intervenons pour leur objectif de création du « Thai Advanced Institute of Sciences and Technology » (THAIST), un réseau de 14 universités thaïlandaises en sciences et technologies. Transmettre nos expériences de montage, coordination et animation de réseaux scientifiques aux membres Thaï nous permet d'élargir notre réseau initial (largement) européen à l'international. STI est également maintenant un membre d'EMIRAcle.

Partie II:

Projets de recherche

6 Projet de recherche en gestion des connaissances

6.1 Motivation

Dans le cadre de la thèse de Mademoiselle Pawinee Boonyasopon [BOO2011], qui j'ai co-encadré sous la supervision du Pr Serge Tichkiewitch de juin 2008 à décembre 2011, je me suis intéressé à un aspect particulier de la gestion de connaissances : la découverte des connaissances dans un ensemble des documents.

L'idée initiale visait à utiliser l'analyse des documents qui circulent dans une organisation industrielle pour identifier l'inefficacité des voies de communication à travers l'organisation, des sources réelles et potentielles de mécompréhensions, des pistes pour l'amélioration de la communication entre les différents acteurs. Par manque d'accès aux documents pertinents chez un partenaire industriel Thaïlandais, nous avons décidé de transposer cette question de recherche dans le domaine académique, où les publications représentent une source de connaissance accessible à nos expérimentations. Pour cette transposition, nous nous sommes posé la question de savoir comment nous pouvions construire un moyen pour aider les chercheurs à trouver des publications pertinentes pour leur propre recherche dans un répertoire d'articles existants et accessibles. L'intérêt d'un tel moyen est double :

- d'une part, il peut permettre aux chercheurs de construire une meilleure bibliographie pour leurs propres publications, l'outil leur facilitant l'accès à de nombreuses publications dans et en dehors leurs domaines d'expertise sans nécessité de lecture initiale de toute la masse de documents;
- d'autre part, pour les auteurs dont les papiers sont cités plus souvent grâce à cet outil, améliorant leur index de citation, l'un des indicateurs les plus importants pour leur carrière. Malgré la puissance impressionnante des outils du web sémantique (tels que Google Scholar, ISI Web of Knowledge, ScienceDirect/SciVerse, etc.) il est effectivement impos-

sible aujourd'hui de comparer le contenu d'un document non-publié sur le web avec un ensemble d'autres documents disponibles sur le web ou dans une base de données spécifique.

6.2 Problématique

La problématique s'inscrit dans la découverte automatique de connaissance dans une grande quantité de documents (textes) afin d'aider les utilisateurs à identifier les documents pertinents pour leurs intérêts. La croissance irrémédiable de la quantité d'information accessible en forme de texte électronique et la difficulté entraînée d'en extraire l'information utile et pertinente se trouve au cœur de la problématique de nos travaux. Les études [AND2008], [GRI2008] concluent qu'au moins 80% de toute l'information pertinente aux affaires (tels que des rapports, emails, guides, brevets, etc.) sont disponibles en texte non-structuré sur des serveurs et réseaux internes, mais aussi sur l'internet et le web.

Dans les organisations industrielles, l'abondance des documents générés et gérés dans les différents départements et unités entraîne de nombreuses difficultés de partage de connaissance par manque de moyens (et souvent aussi de la volonté) pour extraire de tous ces documents les informations clés qui peuvent être partagées et reconverties en connaissance dans le contexte d'un département ou groupe d'utilisateurs particulier. La figure 1 visualise cette situation dans un schéma.

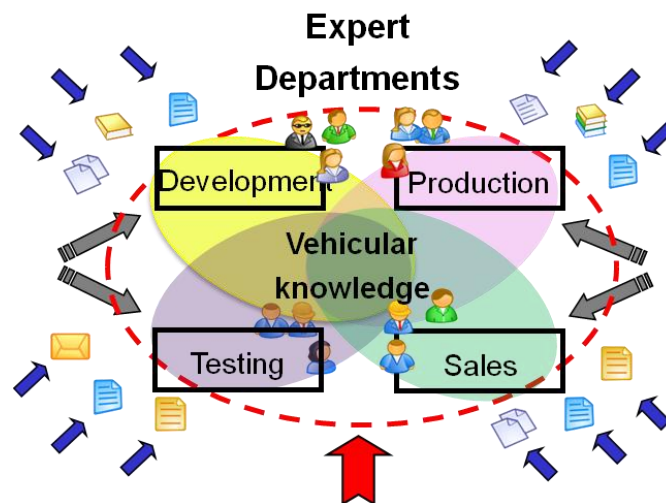


Figure 1: Problématique de l'isolation de connaissance dans les documents

Sont également concernés dans le contexte industriel tous les brevets qui sont stockés dans plusieurs bases de données et disponibles en intégralité sur le web. Comme démontré par la méthode et les outils TRIZ [ALT2008], ils comportent beaucoup de connaissance qui est difficile à valoriser avec les outils « standard » de recherche.

Dans le monde académique, la problématique de l'abondance d'information n'est pas moindre. La publication des résultats de recherche dans les journaux essentiellement sous forme de texte est toujours la règle dans pratiquement tous les domaines. Correspondent ici aux départements experts des organisations industrielles les communautés d'experts autour des différentes thématiques de recherche, avec pratiquement les mêmes problèmes de partage de connaissance et de découverte des informations inter-domaines pertinentes.

Le point commun principal est le fait qu'une quantité importante d'information n'est pas valorisée par les utilisateurs appartenant aux différentes communautés de connaissance alors qu'elle est théoriquement et implicitement à leur disposition.

6.3 Contexte

La cible est alors de proposer une approche systématique pour appliquer des outils et des techniques d'exploitation des textes existants et édités sous forme électronique afin de faciliter la tâche de création d'une bonne bibliographie pour des travaux de recherche, en mettant un accent particulier sur des citations cross-disciplinaires.

Il est clairement rappelé ici que la création de nouveaux algorithmes d'exploitation des textes est en dehors du champ de cette thèse, mais que le caractère innovateur se situe ici dans l'application des approches existantes à une problématique spécifique, et de sa démonstration dans un domaine de recherche particulier. Cependant, le système proposé, ses fonctions, et les algorithmes proposés sont suffisamment génériques pour être appliqués à n'importe quel autre champ de recherche.

La méthodologie et les outils proposés dans cette thèse permettent de proposer une approche systématique pour appliquer des outils et des techniques d'exploitation de textes pour fournir les « bonnes » bibliographies, c.-à-d., avec des références à la littérature qui est appropriée à un papier proposé dit 'de référence'. Le corpus initial de documents utilisé est la collection des 1500 papiers publiés ces 10 dernières années dans les *CIRP Annals* (Elsevier). La comparaison se fait sur une analyse des mots extraits des textes complets et non sur de simples

mots clés. La principale utilité de ce travail est donc de pouvoir extraire une bibliographique très cohérente au contenu d'un papier soumis, intégrant la transdisciplinarité, et facilitant l'innovation par transfert de connaissance d'un domaine à un autre. Faciliter la diffusion rapide des documents récents peut aussi permettre l'accroissement de la notoriété d'un journal par l'augmentation de son facteur d'impact, et pour un éditeur de sélectionner plus facilement des 'reviewers' expérimentés.

6.4 Positionnement de la problématique

6.4.1 L'ingénierie des connaissances

Dans le contexte de recherche scientifique, la problématique se positionne d'abord dans l'ingénierie des connaissances, car nous souhaitons extraire d'un corpus de documents les informations qui nous permettent de créer de la connaissance nouvelle en passant par la re-contextualisation de cette information par les utilisateurs [MER1998]. Notre compréhension du terme de la connaissance est telle que le partage de connaissance passe forcément par un échange d'informations entre un émetteur et un récepteur, ceux-ci ayant chacun son propre contexte dans lequel ces informations sont embarquées et ainsi transformées en connaissance [TIC2005]. Il est donc impossible de partager la même connaissance entre deux acteurs car ces acteurs ne peuvent partager que les mêmes informations – les mêmes textes en occurrence.

Or, tant que les textes partagés contiennent des termes véhiculaires et universels compris par les acteurs de la même façon, il est possible que l'information transmise soit interprétée correctement. Face aux termes vernaculaires qui ne peuvent être compris que par les experts du même domaine, les termes véhiculaires et universels jouent ainsi un rôle essentiel pour le partage de connaissance. L'un de nos défis est donc d'identifier les mots, véhiculaires, et universels afin de pouvoir en extraire de l'information pour la recherche des textes pertinents [GAU2000].

La re-contextualisation interdisciplinaire de la connaissance aide à la découverte de connaissance nouvelle.

6.4.2 La fouille de texte et de connaissance

Notre focus sur les textes disponibles sous forme électronique nous amène au domaine de fouille de textes (« text mining », TM), c'est-à-dire des données non-structurées [INM2007]. Dans notre projet de recherches nous ne nous

sommes pas encore intéressées à la valorisation d'autres types de données non-structurées, telles que les images et le son, mais nos considérations par rapport à l'aide au partage de connaissance grâce à la fouille dans les documents électroniques s'y appliquent de la même façon.

Le challenge pour toute application de TM est d'extraire la structure latente embarquée dans des textes sans structure [RAO2003]. Selon [FAN2005], les applications de TM peuvent être classifiées comme suit: extraction d'information, identification et suivi des sujets, classification et catégorisation, groupage (clustering), mise en relation des concepts, information et visualisation, questions et réponses. Il a été important pour nous de comprendre ces applications pour pouvoir bien choisir les outils pertinents pour notre propre projet.

Le TM a une histoire longue et solide dans la recherche informatique, et il est à la base du Web sémantique (« web 2.0/3.0 ») ou est ajoutée au TM la dimension de l'intelligence sémantique faisant de lui du « Knowledge Mining » (KM) [ASA2008]. Comme nous l'avons expliqué en section 6.3, nous n'avons pas notre propre expertise dans ces domaines. Notre premier intérêt est de comprendre et d'évaluer la performance et le potentiel des outils existants de KM/TM pour une application bien spécifique.

6.5 Questions clés de recherche

La question clé de recherche que nous nous sommes posée dans notre projet de recherche est : Comment peut-on aider les chercheurs à trouver les références bibliographiques les plus pertinentes au travers de plusieurs domaines et thématiques, et en prenant en compte *le contenu entier* de ces papiers ? L'intérêt de cette aide est double pour les chercheurs : d'une part, c'est une aide pour introduire dans leurs publications des bibliographies qui couvrent bien la thématique concernée, d'autre part, si leurs propres publications sont dans le corpus exploité, c'est une aide pour faire citer ces publications par une communauté scientifique plus large.

Pour atteindre cet objectif, nous souhaitons aller plus loin que les moteurs de recherche bien connus sur le web, ceux-ci étant basés sur le principe de requête par mots-clés, toutefois de façon souvent étonnement intelligente. Or, cette intelligence repose notamment sur la manière dont ces moteurs de recherche sont capables de trouver la correspondance entre la requête et les documents disponibles sur le web.

Notre objectif est différent : nous souhaitons identifier parmi les documents appartenant à un corpus des documents ceux qui sont les plus pertinents—c'est-

à-dire les plus similaires—à un document de référence donné. Ce document de référence ne doit à priori pas être lui-même disponible sur le web, comme c'est typiquement le cas pour une publication de recherche en cours de rédaction.

6.6 Méthodologie de recherche

6.6.1 Recherche et investigation des outils existants

D'abord nous nous sommes intéressés aux outils de recherche des documents textes existants. Vues nos possibilités et contraintes par rapport à l'accès à ces outils, nous avons investigué des outils dans les catégories suivantes :

- 1) moteurs de recherche documentaire sur le web (Google Scholar, ISI Web of Science, ScienceDirect/SciVerse, SCOPUS etc.) ;
- 2) portails des éditeurs des revues scientifiques (Elsevier, Springer, etc.) ;
- 3) outils basés sur Wikipedia (wikify, wikipedia miner, etc).

Ici nous nous limitons à la synthèse très concise de nos expériences en faisant référence à la thèse de P/ Boonyasopon [BOO2011] pour leur présentation détaillée.

Par rapport à notre intérêt spécifique, nous avons constaté les faiblesses suivantes qui sont communes à tous les outils existants investigués :

- Aucun de ces outils ne donne des résultats satisfaisants pour la recherche des documents similaires à un document donné.
- Les outils appartenant aux groupes 1) et 2) ne prennent en compte que le titre et l'abstract des papiers, et non pas tout leur contenu. Une exception est Google Scholar dont ni le démarche ni l'algorithme n'est connu, et où les résultats d'une requête donnée peuvent différer d'une requête à l'autre.
- Tous ces outils fonctionnent sur la base de requête par mots clés plutôt que par la spécification ou soumission d'un document qui représente l'intérêt de la recherche.
- Par conséquence, ils ne sont tous pas applicables à un nouveau document qui n'existe pas encore dans leur répertoire de documents.
- L'approche réalisée par les outils basés sur l'encyclopédie numérique Wikipedia est prometteuse et puissante, mais les outils existants à ce jour ne sont que des prototypes assez pointus pour une application spécifique dans un domaine de recherche particulier.

L'ensemble de ces faiblesses nous empêchait d'implémenter notre application spécifique, ce qui nous a amené à concevoir et réaliser un logiciel permettant aux chercheurs de trouver des publications pertinentes à leur papier pendant la phase de sa rédaction, c'est-à-dire avant que celui-ci ne soit soumis pour être publié. Vus notre propre expertise et accès aux publications dans ce domaine, nous avons choisi la recherche en développement des produits et en systèmes de production comme domaine d'application initiale.

6.6.2 Compréhension des indicateurs bibliométriques

L'un des objectifs de notre projet est aussi d'aider les chercheurs à améliorer leur reconnaissance scientifique par l'augmentation des valeurs des indicateurs bibliométriques. Afin de bien connaître les leviers principaux dont on peut se servir pour y arriver, nous avons étudié la définition des indicateurs les plus souvent utilisés :

La bibliométrie ou le Research Performance Measurement (RPM), signifie la discipline de la mesure de la performance des chercheurs, revues, articles, et institutions par l'application de l'analyse quantitative et statistique [REU2008].

Le facteur d'impact d'une revue scientifique indique combien de fois en moyenne les articles de cette revue ont été cités dans les deux ou cinq ans précédents. Un exemple instructif est donné dans [WIK2011].

L'indicateur le plus souvent utilisé pour évaluer l'impact des publications d'un chercheur est le h-index, qui est à la fois une mesure de la quantité et de la qualité de celui-ci. Par exemple, un chercheur ayant un h-index de 25 a publié 25 articles dont chacun a été cité au moins 25 fois. De plus amples informations sont données dans [HIR2005], entre autre.

6.6.3 Définition d'un corpus référence de documents

Afin de pouvoir évaluer nous-mêmes la performance des logiciels investigués et de notre approche, nous avons défini un corpus référence de publications du domaine de notre propre expertise, le développement intégré innovant et la fabrication de produits modernes. À ce but, nous avons compilé toutes les publications les plus significatives de la communauté de CIRP (Collège Internationale de Recherche en Production, International Academy for Production Research, [CIR2011]) qui est la communauté la plus reconnue mondialement dans ce domaine pluridisciplinaire. Son organisation en STCs (Scientific Technical Committees, comités techniques scientifiques) représente les différentes disciplines principalement concernées:

- les STCs pour les matériaux, procédés, et machines: coupe (Cutting, C), processus électro-physiques et chimiques (Electro Physical & Chemical Processes, E), mise en forme (Forming, F), abrasion (Abrasive Process, G), machines (Machines, M) ;
- les STCs pour les éléments de la chaîne de fabrication: ingénierie du cycle de vie et assemblage (Life Cycle Engineering and Assembly, A), conception (Design, Dn), systèmes de production (Production Systems & Organisation, O), métrologie (Precision Engineering and Metrology, P), surfaces (Surfaces, S) ;
- la communication entre STCs: dictionnaire (Dictionary, D), unification.

Les publications considérées les plus significatives de CIRP sont les *Annals of the CIRP*, où les keynotes et papiers techniques présentés à l'assemblée générale annuelle de CIRP sont publiés. Pour notre corpus référence nous avons donc sélectionné les papiers parus dans les *Annals of the CIRP, Vol. 1* (hors keynotes) de l'année 2000 à l'année 2011.

6.6.4 Investigation de CAT

Grâce au département de génie industriel de l'université Stellenbosch en Afrique du Sud, membre de notre association EMIRAcle [EMI2012], [TIC2005] et à son directeur le Pr Niek du Preez, qui est également le patron de la société InduTech [IND2011], nous avons eu accès à l'outil CAT (Content Analysis Toolkit), le résultat principal du projet de recherche de W. Uys [UYS2010]. Son objectif est de donner à l'utilisateur une idée du contenu d'un très grand corpus de textes (> 1000 documents), sur la base de l'analyse automatique de l'intégralité des textes et l'identification des sujets principaux autour desquels ces documents se situent, et une visualisation sophistiquée des relations entre les sujets et les documents, ainsi qu'entre les documents entre eux.

Nous avons investigué CAT en détail pour savoir dans quelle mesure nous pouvions l'utiliser pour trouver des réponses à nos questions de recherche, en sachant que cet outil se base sur des algorithmes bien établis dans la communauté scientifique autour de la fouille de texte. Nos différents cas d'étude et leur évaluation sont présentés dans [BOO2011]. Les limitations de CAT par rapport à nos besoins spécifiques sont les suivantes :

- 1) Au cœur de CAT est un modèle probabiliste conduisant l'outil à donner des résultats plus ou moins différents pour des analyses sur le même corpus. Ceci pose un problème tant que l'on a besoin de la répétabilité et de l'évaluation des résultats.

- 2) CAT n'est pas capable d'effectuer une analyse incrémentielle ou des opérations de « fold-in ». Par conséquent, pour ajouter un ou plusieurs documents au corpus, il faut refaire l'analyse du corpus entier, opération très longue (plusieurs heures typiquement). Il est donc impossible d'obtenir rapidement l'évaluation de la pertinence d'un nouveau document donné par rapport aux documents dans le corpus.
- 3) L'opération de CAT est semi-automatique et demande la supervision et le jugement de l'utilisateur, notamment pour l'initialisation des paramètres de départ, ainsi que pour l'évaluation de la qualité des résultats.
- 4) CAT a été conçu pour l'analyse des corpus très volumineux, mais l'on ne peut pas savoir quelle est la taille minimum nécessaire pour que CAT ait une performance satisfaisante.
- 5) CAT n'utilise pas le « stemming », une technique qui permet de reconnaître automatiquement les différentes formes d'un mot (e.g., préfixes, pluriel/singulier, déclinaisons, etc.).

Vu que le premier problème présente la plus grande limitation pour notre application, nous avons étudié en détail la source du comportement probabiliste des algorithmes utilisés par CAT. Nous avons publié les résultats principaux de cette étude, et nos conclusions dans [B16]. En bref, pour trouver des sujets du corpus, CAT utilise l'approche LDA (Latent Dirichlet Allocation), qui construit un modèle en très haute dimension pour la représentation de tous les documents du corpus. Pour y trouver des solutions globales, un algorithme d'optimisation globale avec un point de départ à un endroit aléatoire est nécessaire pour rendre le calcul faisable.

Comme nous n'avons pas besoin d'identifier les sujets qui caractérisent les documents du corpus, nous nous sommes posé la question de savoir si et comment nous pouvions utiliser un autre algorithme moins complexe, bien compréhensible et entièrement déterministe, pour atteindre nos objectifs. En même temps, nous souhaitons garder la couche de CAT qui fait la fouille de texte de manière très puissante et efficace.

6.6.5 Modélisation

Ces réflexions en collaboration étroite avec l'équipe d'experts autour du Pr N. du Preez de l'Université de Stellenbosch nous ont amené à nous servir du modèle espace vecteur (VSM, Vector Space Model), approche bien établie dans la recherche informatique pour la représentation des documents textes, et de l'implémenter sur la base de CAT qui fait la fouille de texte. Le VSM part sur le principe que chaque terme unique du vocabulaire correspond à une dimen-

sion dans l'espace vecteur, et que chaque document y est représenté par un vecteur dont les modules sont déterminées par le nombre de fois où chaque terme apparaît dans son texte [DHO2010].

	Document 1	Document 2	Document 3
Term 1	2	3	0
Term 2	3	7	0
Term 3	5	1	2

Tableau 1: Exemple pour illustrer le VSM

La figure 2 montre cette représentation pour l'exemple donné en tableau 1.

Cette transformation permet de traiter les documents comme des vecteurs en mathématique. La comparaison d'un document à un autre se réduit ainsi à l'opération de comparaison de similitude des deux vecteurs qui représentent ces documents dans le même espace géométrique. Pour que cette comparaison soit efficace, il faut d'abord pondérer les termes selon leur importance pour la représentation [KON2004]. Nous avons choisi le schéma TF-IDF [MAN2009] qui prend en compte la fréquence d'un terme dans un document par rapport à sa fréquence dans l'ensemble des documents, donnant une plus grande pondération aux termes qui apparaissent rarement dans le corpus.

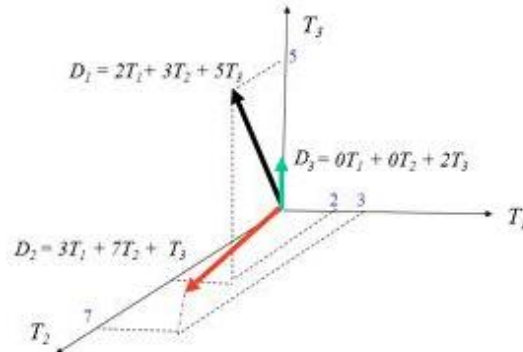


Figure 2: Représentation VSM de l'exemple du tableau 1

Pour éviter que la longueur d'un document influence le schéma de pondération, nous avons ensuite appliqué aux vecteurs pondérés un système de normalisation basé sur [BAR2011], mais modifié par nous-mêmes de manière qu'il prenne en compte le fait que dans les publications scientifiques, des informations particulièrement significatives sont souvent concentrées en quelques paragraphes seulement [BOO2011]. Ainsi, la similitude de deux documents se mesure par la distance entre les deux vecteurs correspondants dans l'espace normalisé. Pour la calculer, nous nous sommes servis du produit scalaire entre les deux vecteurs normalisés. Grâce à la modélisation VSM, les documents du corpus peuvent

être représentés par une matrice constituée par les vecteurs représentant les documents. Cette représentation a le grand avantage d'être bien compréhensible et traitable avec les outils de l'algèbre linéaire, alors qu'il possède quelques limitations à respecter [GAR2006], notamment la suivante : La taille de la matrice est de <nombre de documents> par <nombre de mots significatifs>, ce qui du coup peut atteindre des dimensions importantes. Il faut donc minimiser la dimension de la matrice en réduisant au maximum le nombre de mots significatifs.

6.7 Resultats de recherche

6.7.1 Outil de recherche SCITE

Nous avons implémenté les algorithmes mentionnés dans la section précédente avec MATLAB, environnement qui permet d'opérer avec des vecteurs et matrices de manière particulièrement efficace, et appelé le logiciel résultant « SCITE » (SCientific Analysis of TExt , analyse scientifique du texte). La figure 3 montre les différents éléments et les fonctionnalités implémentées, ainsi que leurs interrelations. Ici nous nous limitons à l'explication brève des fonctionnalités essentielles pour démontrer le fonctionnement de l'outil.

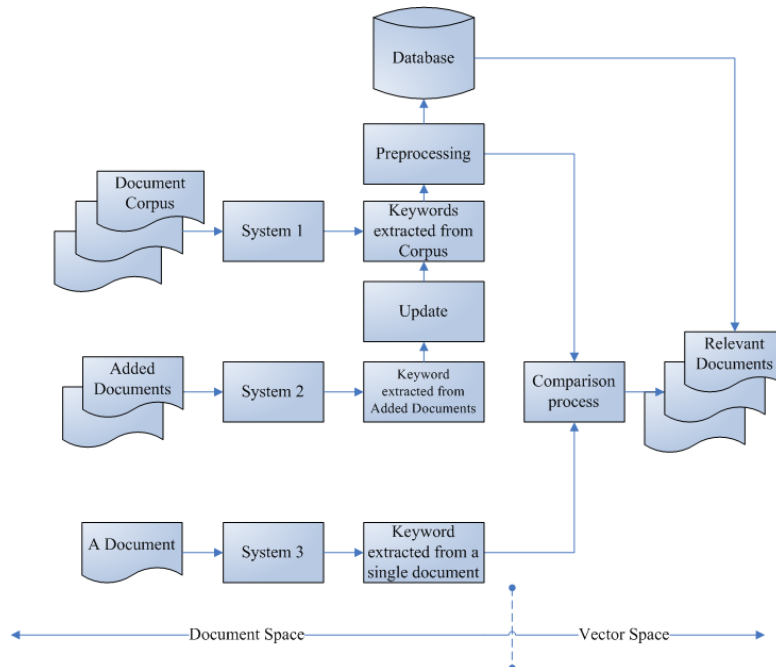


Figure 3: Les briques et fonctionnalités principales de SCITE

Dans la figure 3, les blocs marqués « System x » réalisent des fonctionnalités de fouille de texte grâce à CAT. Le système nommé « System 1 » doit extraire tous les mots significatifs des documents du corpus. Pour minimiser la dimension de l'espace vecteur, il faut minimiser le nombre des mots pris en compte dans cette opération en ne prenant que les mots significatifs du domaine étudié.

Pour l'extraction des mots nous utilisons CAT qui élimine lui-même les mots sans signification comme les articles, prépositions, conjonctions, etc. grâce à une liste de suppression « basic ». Pour éliminer d'autres mots nous avons créé une liste de suppression contenant tous les mots sans signification dans nos domaines concernés. Les mots ainsi filtrés sont ensuite « stemmés », ou réduits à leur racine par l'algorithme de Porter [POR1980]. La figure 4 montre cette séquence d'étapes.

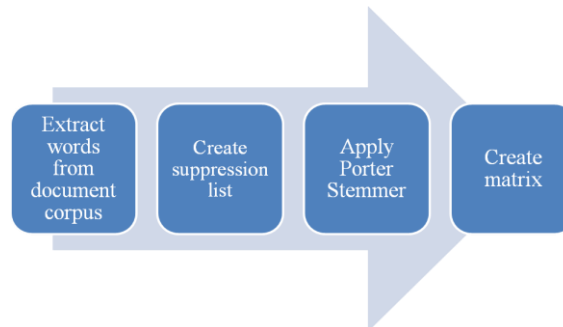


Figure 4: Séquence de l'analyse du corpus

L'ajout de nouveaux documents dans le corpus via le « System 2 » permet par exemple d'ajouter les papiers d'un nouveau numéro d'un journal scientifique. Pour notre système, ceci implique la prise en compte pour ces papiers des fréquences des mots déjà connus dans le système, et pour l'ensemble du corpus l'ajout de nouveaux mots pouvant apparaître et donc la mise à jour de la matrice (figure 5).

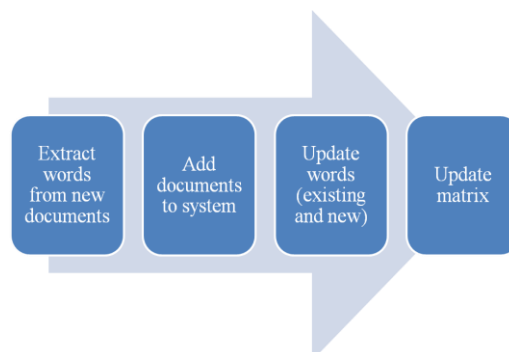


Figure 5: Séquence de l'ajout des nouveaux documents au corpus

L'opération clé pour l'utilisateur, la recherche des documents du corpus les plus pertinents à un document soumis au système (« document de référence »), se traduit par la comparaison de ce document avec tous les documents du corpus dans l'espace vecteur, opération dont la complexité est linéaire avec le nombre des documents dans le corpus. La séquence des étapes nécessaires pour implémenter cette comparaison avec les outils expliqués auparavant est démontrée en figure 6.

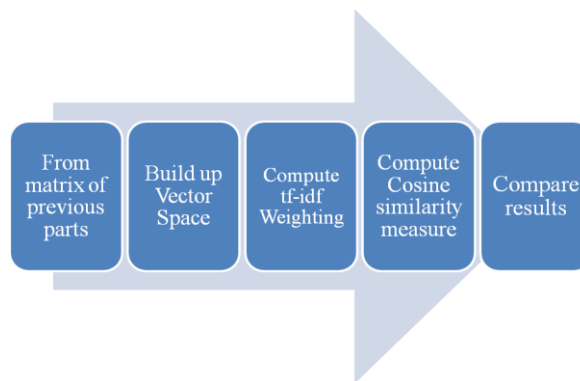


Figure 6: Séquence de la comparaison des documents

Ici, seul le vecteur correspondant au papier de référence pour les mots initialement retenus est à calculer, puis la comparaison se fait par l'étude des cosinus entre le vecteur de référence et l'ensemble des autres vecteurs après pondération. Ce calcul se fait en quelques secondes même pour des très grands corpus contenant plusieurs milliers de documents.

6.7.2 Avancées grâce à SCITE

Nous avons validé le fonctionnement de SCITE sur la base de 1660 documents. Environ 5000 mots clés significatifs ont été retenus sur les 500000 termes ou associations de termes détectés dans le cadre de plusieurs questionnements dont les premiers ont été documentés dans [BOO2011]. Nous en présentons ici une synthèse des principales avancées que nous avons pu faire grâce à eux, car celles-ci donnent une base solide pour des futurs travaux.

- 1) Les résultats sont nettement meilleurs que ceux obtenus par des requêtes correspondantes dans les outils existants cités en section 6.1.
- 2) Des références pertinentes ont été trouvées dont la citation dans le papier de référence concerné aurait contribué à l'augmentation d'impact factor de la publication.

- 3) Les mots composés (bi-grammes) sont particulièrement significatifs pour obtenir un bon résultat.
- 4) Les nouveaux mots trouvés dans le document de référence peuvent donner des indices aux nouveaux thèmes ou activités de recherche.
- 5) La mesure de similarité atteint des valeurs maximales pour les papiers d'un ou plusieurs mêmes auteurs. Ceci montre que SCITE prend bien en compte l'homogénéité du vocabulaire utilisé par les mêmes personnes.
- 6) Il est difficile de définir un seuil pour la valeur de la similarité qui permettrait de filtrer les résultats de manière fiable. C'est un indice qu'il faut encore améliorer.

Grâce à l'approche basée sur le VSM, le calcul des résultats qui donne SCITE est bien compréhensible. SCITE peut donc bien servir comme plateforme d'investigation des influences des modifications des algorithmes et paramètres qu'il comporte.

6.8 Bilan des apports pour la recherche académique

Le résultat principal de ce travail est l'outil logiciel SCITE que nous avons mis à disposition du comité éditorial du CIRP. Grâce à SCITE, lors du processus de relecture le comité a pu envoyer aux auteurs dont le papier a été accepté une liste des références complémentaires les plus pertinentes pour SCITE avec une demande d'analyse sur cette pertinence en retour. Non seulement cela leur ouvre une large vue dans les publications du CIRP à travers tous ses comités techniques et scientifiques (STC), mais aussi cela attire leur attention sur des papiers potentiellement intéressants pour eux qu'ils n'auraient pas identifié préalablement.

Les chercheurs qui acceptent de mettre leurs publications dans le référentiel de SCITE, auront une chance d'être cité beaucoup plus souvent et plus rapidement qu'avec un système classique. Ils peuvent aussi élargir leur réseau grâce aux nouveaux contacts établis par la recherche des papiers via SCITE. Pour ces chercheurs, l'avantage d'une citation rapide se trouve dans le calcul des index de publication, les plus importants ne tenant effectivement compte que des citations pour des papiers récemment publiés.

Si, comme c'est le cas pour les CIRP Annals, les papiers de la communauté apparaissent dans un ou plusieurs journaux spécifiques, la méthodologie facilitée par SCITE aura également des répercussions importantes sur les facteurs d'impact de ces journaux. SCITE concerne du coup également la communauté

vaste des éditeurs des journaux scientifiques. Nous en avons la confirmation par l'intérêt de la maison Elsevier, éditeur de nombreux journaux scientifiques particulièrement reconnus, dont les CIRP Annals. En outre, ces éditeurs apprécieront l'augmentation de la qualité et rapidité des relectures car SCITE peut leur permettre de sélectionner les « reviewers » en fonction de la proximité du papier soumis à leur propres publications : plus un papier à relire est proche des papiers d'un expert, plus importante est la probabilité que cet expert ait un intérêt et un certain enthousiasme le poussant à faire une bonne relecture dans un minimum de délai.

Il faut souligner que l'intelligence humaine est toujours requise pour l'évaluation de la qualité des résultats de SCITE. Notre outil et notre démarche visent à donner aux auteurs et éditeurs un outil qui facilite leur travail pour trouver de bonnes références en leur proposant des papiers complémentaires à ceux qu'ils auraient pu trouver.

À ce jour SCITE a reçu l'attention très sérieuse d'un grand éditeur des revues scientifiques. Avec la contribution d'experts en informatique et sémantique nous espérons pouvoir répondre à leurs attentes particulières. L'évolution extrêmement rapide d'outils informatiques de l'intelligence sémantique sur la base de fouille de texte pendant ces dernières trois années nous confirme qu'avec nos travaux nous naviguons sur une voie très prometteuse.

6.9 Bilan des apports pour l'application industrielle

Même si nous n'avons pas encore eu l'occasion pour démontrer la pertinence de notre démarche de fouille de connaissances pour l'application industrielle, les résultats de notre recherche montrent clairement qu'il y a un potentiel fort à explorer grâce à l'analyse des textes provenant des différentes sources d'une organisation. Du point de vue de l'application industrielle, la valeur principale de l'outil SCITE tel que nous l'avons développé dans le cadre des projets présentés se situe dans la possibilité de pouvoir démontrer aux industriels l'objectif de notre démarche de manière compréhensible et tangible, et ainsi lancer avec eux des nouveaux projets ciblés pour mettre en place des applications plus spécifiques, l'une d'entre elles étant proposée en section 7.10.6.

6.10 Perspectives pour la recherche académique

6.10.1 Analyse quantitative

Comme nous l'avons expliqué en section 6.8, nous souhaitons valider et améliorer notre démarche de manière quantitative en appliquant SCITE et ses évolutions pendant deux ou trois ans dans la communauté de CIRP. En parallèle, on a rendu SCITE disponible aux membres d'EMIRAcle pour enrichir de leurs articles le corpus de base et à la communauté de recherche mondiale par la possibilité d'utiliser SCITE en ligne. Ceci permettra de valider l'outil, mais aussi de pouvoir expérimenter les effets de la « fertilisation » inter-domaine (en complément de l'observation de tels effets inter-STC de CIRP).

6.10.2 Algorithmes

Dans le futur, nous voulons aller plus loin en ce qui concerne les méthodes et algorithmes utilisés pour implémenter SCITE. Plus particulièrement, la mesure utilisée pour évaluer la similarité des documents, mérite d'être re-investiguée et affinée pour qu'elle reflète plus nettement le degré de pertinence des documents dans la liste des résultats par rapport au document de référence. Nous souhaiterions par exemple pouvoir prendre en compte de manière particulière les mots apparaissant dans le titre, le résumé ou les mots clés. Il serait aussi intéressant d'étudier la liste des références fournies par l'auteur dans la prise en compte du facteur de similarité.

6.10.3 Nouvelles applications

La thèse de Mademoiselle Boonyasopon s'est focalisée sur l'analyse de similitude des documents sur la base de la comparaison des fréquences des mots significatifs qui y apparaissent. Or, dès que l'on travaille sur la base des mots formant les documents et que l'on arrive à interpréter ces mots de manière intelligente, de nombreuses applications innovantes sont envisageables telles que :

- L'identification et la visualisation des réseaux et collaborations à partir de l'analyse des noms d'auteurs et co-auteurs.
- L'analyse et la visualisation des citations sur la base des bibliographies des publications.
- L'analyse de l'évolution de l'importance des sujets de recherche avec le temps, sur la base de l'analyse des dates des publications.

- L'analyse de l'évolution des activités et centres d'expertise d'un chercheur particulier.

À court terme, nous envisageons de monter un projet collaboratif avec le Technion en Israël, membre d'EMIRAcle, sur ces sujets. L'équipe de Pr Moshe Shpitalni a développé un outil qui permet de visualiser de manière intelligente et en 3D des réseaux sociaux du point de vue des collaborations entre les membres du réseau. Notre idée est de lier cet outil avec SCITE de manière à ce que l'ensemble apporte aux utilisateurs la possibilité d'identifier et de suivre facilement et intuitivement les collaborations entre les différents chercheurs. Cette information peut servir plusieurs objectifs, tels que l'identification des communautés de recherche, la recherche des partenaires potentiels d'un consortium de projet ou d'un profile de compétences particulier etc. Dans le cadre de ce projet, l'aspect de la visualisation nous semble un aspect supplémentaire particulièrement intéressant à investiguer. En utilisant des moyens de la visualisation 3D, on pourrait expérimenter de nouvelles façons de naviguer dans les documents et les « méta » informations associées (les auteurs, leur relations, les sujets principaux etc.) afin de faciliter aux utilisateurs l'identification des informations essentielles. Le programme d'infrastructure de recherche VISIONAIR donne le cadre idéal pour lancer une telle activité de recherche.

Une autre application est envisagée dans le cadre du projet SEA-EU-NET 2 qui vise à renforcer la collaboration scientifique entre l'UE et l'ASEAN. Une activité de ce projet est d'identifier et analyser les collaborations existantes à partir des publications scientifiques. A ce but, une équipe utilise actuellement un outil qui permet d'analyser automatiquement les meta-informations des publications scientifiques référencées par les gros catalogues tels que SCOPUS, ISI Web of Science, etc. pour en extraire les mots clés, ainsi que les noms et pays des auteurs et co-auteurs. Cette information est suffisante pour restituer les relations entre les auteurs, pays, mots clés, etc. Par contre, elle est insuffisante pour identifier les véritables sujets traités dans ces publications, et le vocabulaire utilisé. Or, cette information pourrait servir à analyser la cohérence entre les différentes publications dont le titre et les mots clés se classent dans le même domaine, et par conséquent mieux évaluer le potentiel de l'initiation et/ou fédération des collaborations. SCITE permet de faire ceci grâce notamment à sa capacité de l'analyse des textes entiers de la manière expliquée.

6.10.4 Navigation

Indépendamment de l'aspect de la visualisation mentionné dans la section précédente, on peut penser aux applications qui faciliteraient une toute nouvelle manière de naviguer dans un ensemble de documents. Au lieu d'attirer la pre-

mière attention des utilisateurs au contenu de ces documents, on pourrait présenter de manière « intelligente » des informations telles que celles mentionnées ci-dessus, permettant de juger très rapidement la pertinence potentielle de chaque document. Ceci limiterait les efforts pour l'étude détaillée du contenu à quelques documents seulement.

Plus particulièrement pour les communautés scientifiques comme le CIRP, l'on pourrait déployer des idées pour aider les comités thématiques à se développer et à se redéfinir en fonction de l'évolution, de l'importance et de l'impact des sujets de recherche. Des nouvelles thématiques pourraient être identifiées plus facilement grâce à la focalisation de l'analyse de texte sur les mots clés essentiels.

6.11 Perspectives pour l'application industrielle

Revenant à l'idée initiale mentionnée dans la motivation, nous sommes convaincus que notre approche à l'extraction des connaissances porte un fort potentiel non seulement dans le monde académique, mais aussi dans le monde industriel où le nombre des documents disponibles sous forme électronique ne cesse d'augmenter de manière très rapide, et où les dirigeants d'entreprise cherchent des moyens qui leur permettent d'en extraire un maximum d'information à valoriser. Différentes sources d'information non structurée telles que des rapports, articles, compte rendus, emails, etc. pourraient être analysées mot par mots afin d'identifier les mots clés utilisés dans l'organisation, et avec eux identifier

- les utilisations potentiellement erronées,
- des sources de mécompréhensions entre différents départements,
- des sujets principaux d'échange avec les clients et fournisseurs, entre les différents centres de développement, etc.

Ce genre d'analyse serait une aide importante à la gestion de l'organisation, surtout pour optimiser les flux d'information entre les différents acteurs et unités. Nous savons que de plus en plus d'entreprises utilisent des outils sémantiques pour analyser des informations sur le web pour améliorer leur image et pour récupérer des informations sur leur marché. Or, à notre connaissance, l'application de ces outils en interne de manière telle que nous l'envisageons n'a pas encore été investiguée. On peut s'imaginer qu'à long terme des outils sémantiques peuvent être intégrés dans les plateformes PDM/PLM et CRM où la plupart de la communication interne et externe sera stockée.

7 Projet de recherche en gestion de l'innovation et idéation

7.1 Motivation

L'obligation d'innover de plus en plus rapidement force les entreprises à adopter une approche systémique et efficace à la création d'innovations. Ces innovations concernent à la fois les produits, les services, et les modèles d'affaires, ainsi que les organisations et processus associés.

Le processus de la gestion de l'innovation comporte plusieurs étapes succinctes qui mènent de l'idée à sa commercialisation. Bien que la phase de création d'idées en fait la partie essentielle, elle est de loin la moins tangible et structurée. Par conséquence, sa nature créative, dynamique, incertaine et parfois ambiguë la rend difficile à intégrer dans les paysages des processus bien définis et structurés des entreprises occidentales modernes. Pourtant, le challenge principal qui se pose au management est d'arriver à capitaliser au maximum le potentiel de création et réalisation d'idées de toute l'organisation pour pouvoir nourrir « la machinerie de l'innovation ».

Dans le cadre de mes travaux de recherche et valorisation de recherche dans l'innovation, j'ai lancé en février 2010 la thèse doctorale de Monsieur Martin Neumann, manager de l'innovation chez KSPG en Allemagne, dans ce domaine. Je co-encadre cette thèse sous la supervision du Pr. Daniel Brissaud. Sa soutenance est prévue au mois de janvier 2013.

7.2 Problématique

De nombreux travaux des équipes membres des associations CIRP, Design Society, et EMIRAcle sur la conception intégrée de produits et de services ont démontré l'importance de la phase amont du processus de développement [A4], [A5], [TIC1998], [TIC2000]. C'est bien là où la complexité et le coût de

l'implémentation d'une idée ou d'un concept sont déterminés. La phase « floue » de naissance et création des idées doit être aperçue comme la phase la plus en amont de tous les processus dans une entreprise : toute conception commence par la naissance et la concrétisation incrémentielle et évolutionnaire d'une ou plusieurs idées. L'application du principe de l'intégration des acteurs du cycle de vie aussi pendant cette phase, peu voire pas pratiqué dans les organisations classiques, nous semble une nécessité évidente et est notre préoccupation principale depuis le début de nos travaux de recherche dans ce domaine.

D'un point de vue plus large, les opportunités clés qui se présentent au management et aux équipes sont les suivantes :

- faciliter l'impulsion d'idées,
- impliquer et intégrer les acteurs sources d'idées à l'intérieur et à l'extérieur de l'organisation,
- institutionnaliser l'idéation par un processus vécu par l'organisation entière,
- évaluer les idées selon de critères économiques, écologiques, et sociétaux,
- mettre en fonctionnement une culture organisationnelle et une stratégie qui facilitent la création d'idées.

L'objectif de nos travaux de recherche est de trouver une démarche orientée processus pour aider les entreprises de grande et moyen taille d'exploiter ces opportunités au mieux afin de réussir le défi d'augmenter la quantité et qualité d'idées qui se transforment en innovations [STE1997], [DAN2007].

7.3 Contexte

Nos avons mené cette recherche en collaboration très étroite avec l'industrie, et plus particulièrement avec l'entreprise allemand KSPG AG, la société mère du secteur automobile du group Rheinmetall AG. En ligne avec sa stratégie, le groupe dispose de trois divisions: pièces mécaniques, mécatronique et services pour le moteur. Il emploie quelques 11.500 personnes dans ses sites de production en Europe, Amérique du Nord, Amérique du Sud et de la Chine.

Nous considérons dans le secteur automobile le terrain idéal pour nos recherches car ce secteur est mondialement reconnu comme le plus exigeant par rapport à la nécessité et la difficulté d'innover de manière à la fois rapide et solide. Le marché est caractérisé par des utilisateurs de plus en plus exigeants, des technologies hautement pointues, des législations de plus en plus strictes, des besoins de sécurité fortement croissants, des marges des produits fortement décroissants. De plus, les entreprises du secteur automobile font un exemple

type des organisations pilotées par les processus minutieusement bien définis et structurés.

Au départ de nos travaux, les plus hauts responsables de la R&D déploraient « la sous-exploitation drastique du potentiel de créativité de leurs employés, et un manque de nouvelles bonnes idées pour les produits ». Notre analyse révélait effectivement que la plupart des idées pour les produits existants avaient été apportées par les ingénieurs mêmes du produit. En outre, il n'y avait aucune démarche active pour faire que les employés réfléchissent aux innovations et les inciter à contribuer à l'innovation avec leurs propres idées [O8].

Cette situation, pourtant bien typique pour le secteur selon l'étude « Car Innovation 2015 » [DAN2007], représente une menace importante de stagnation des idées. C'est pourquoi, le management de KSPG avait lancé un projet stratégique pour la création et l'implémentation d'un processus d'idéation, commençant avec nos travaux.

Les fabricants d'automobiles ont clairement déclaré l'innovation de produits, services, et modèles d'affaires comme sujet clé pour augmenter leur compétitivité et se différencier sur le long terme [ILI2009]. Par conséquent, ils sont constamment en train de lancer des nouvelles initiatives de recherche et développement avancé afin de pouvoir innover de plus en plus vite, tout en respectant les contraintes budgétaires, législatives, qualitatives, etc., celles-ci eux-mêmes devenant de plus en plus nombreuses et strictes.

Vu que 90% des innovations dans l'automobile concernent le domaine électrique/électronique et logiciel, et que le marché demande de nouveaux services plus ou moins directement associés à l'automobile, ces initiatives doivent être portées par des équipes hautement pluridisciplinaires, ce qui pose de nombreux nouveaux défis aux organisations [VDA2011a], [VDA2011b], ainsi qu'aux outils de gestion de connaissances et d'informations [KIR2003]. Ceci a amené les fabricants à transférer une grande partie de responsabilité du développement des sous-systèmes aux sous-traitants, ceux-ci étant plus agiles et efficaces dans l'application de leurs compétences pointues en général. Or, ce transfert implique aussi la transmission directe de la pression sur la force d'innovation, le prix, la réactivité aux besoins du marché, etc. vers les sous-traitants. Ces derniers sont donc amenés non seulement à augmenter leurs investissements en recherche et développement, mais également à adapter leurs organisations et processus à cette situation dans laquelle les fabricants agissent comme clients très exigeants et intégrateurs des systèmes complets [KUR2004]. Ils sont effectivement censés d'anticiper et influencer les tendances et innovations eux-mêmes, plutôt que d'être pilotés par les fabricants.

Dans ce contexte hautement compétitif, les fabricants ainsi que les sous-traitants automobiles sont obligés de gérer l'innovation de manière proactive

plutôt que réactive [BAR2008]. Pendant très longtemps dans ce secteur, la gestion de l'innovation s'est limitée à la création, évaluation, et au brevetage des idées pour des solutions techniques répondant à des problèmes connus. Même aujourd'hui, la performance en innovation d'une entreprise automobile est toujours mesurée au nombre des brevets déposés par cette entreprise annuellement. Or, cette mesure ne prend pas en compte le succès de l'implémentation de toutes ces inventions sur le marché par rapport aux facteurs clés du temps (conception, réalisation et fabrication, introduction sur le marché, durée de vie, etc.), du coût (développement, coût global de possession – TCO, etc.), de l'impact sur l'environnement (impact écologique, économique, social), et autres. Par conséquent, elle n'est pas la bonne mesure pour évaluer la performance d'innovation effective.

Pour faire face à ces nombreux nouveaux défis, les entreprises du secteur automobile ont mis en place des processus opérationnels hautement interconnectés. Sur cette base, elles sont en train d'adopter des nouvelles formes de gestion de l'innovation [ILI2010b]. L'intégration systématique des nombreux acteurs qui interviennent tout au long du cycle de vie du produit dans les processus de l'innovation est très prometteuse [NEU2011d]. L'enquête menée par Ili et al. a démontré que l'adoption de l'innovation ouverte par l'industrie automobile sera un facteur hautement compétitif dans les dix prochaines années [ILI2010a]. Or, l'une des plus grandes difficultés du processus de gestion de l'innovation reste l'organisation de la phase floue amont (« fuzzy front-end »), en particulier le développement d'un processus pour la génération d'idées [NEU2011a].

7.4 Positionnement de la problématique

7.4.1 La gestion de l'innovation

La figure 7 montre notre démarche. Dans un premier temps, nous avons investigué la relation qui existe entre l'innovation, la gestion de l'innovation, et les idées. Dans la littérature il y a de nombreuses définitions du terme innovation, suivant les différents points de vue (économique, technique, etc.). Pourtant, à la clé de toutes ces définitions se trouve le fait qu'il y ait une idée à l'origine de toute innovation. Une idée ou plusieurs qui puissent être transformées en produit et/ou service qui apporte(nt) de la valeur à un marché cible. La vue économique ajoute à cela le succès économique qui porte sur la valeur qui puisse être vendue. Selon l'une des études européennes les plus importantes [ENG2010], la gestion de l'innovation est la capacité de gérer les idées pour de nouveaux produits et services, processus, méthodes de production, organisations, ou d'améliorations élémentaires de modèles d'affaires, y compris leur réalisation

avec succès. Le succès se définit dans le contexte économique par des gains durables et de la croissance profitable.

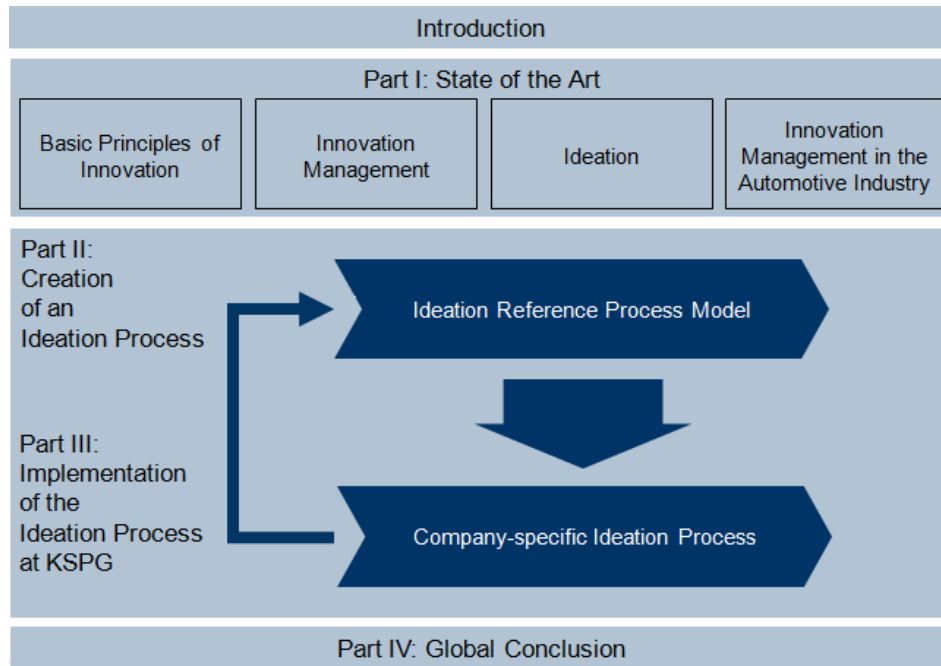


Figure 7: La démarche globale de recherche pour l'idéation

Selon [SCH2005] le succès d'une innovation peut se mesurer en plusieurs dimensions, celles-ci permettant de distinguer les différents types d'innovation [HAU2011] :

- 1) Dimension du contenu : quelle est la nouveauté de l'innovation ?
- 2) Dimension de subjectivité : pour qui l'innovation est nouvelle ?
- 3) Dimension de processus : où sont le début et la fin de l'innovation ?
- 4) Dimension normative : est-ce que la nouveauté implique le succès ?

Grâce à ces définitions, il est possible de classifier les idées par rapport aux types d'innovation qu'elles déclencheront :

- L'innovation incrémentielle versus l'innovation radicale,
- L'innovation d'un produit, service, ou modèle d'affaires,
- etc.

Dans le contexte de notre projet de recherche, nous nous intéressons plus particulièrement à la dimension du processus. Chaque innovation est le résultat de nombreuses activités liées par leur contenu [VAH1999], celles-ci peuvent se dérouler en séquence et/ou en parallèle, et elles peuvent également être répétées si c'est nécessaire [HAU2011]. Elles couvrent toutes les phases dès la naissance d'idée jusqu'à sa réalisation et son usage. Dans la littérature, il n'y pas de

consensus sur le nombre et la définition de ces différentes phases [THO1980], [KLE1996] and [BRE2007].

Le modèle proposé par Thom [THO1980] est particulièrement intéressant pour nous car il met l'idée au centre de ses investigations, et définit des phases principales du processus d'innovation autour de cette idée (tableau 2).

Stages of the innovation process		
Main stages		
1. Idea Generation	2. Idea Acceptance	3. Idea Realisation
Specification of the Main Stages		
1.1 Determination of search field	2.1 Testing ideas	3.1 Actual realisation of the new idea
1.2 Finding ideas	2.2 Creation of realisation plans	3.2 Sale of the new idea to the addressee
1.3 Idea suggestion	2.3 Decision to realise a plan	3.3 Acceptance control

Tableau 2: Le modèle du processus de l'innovation selon Thom ([THO1980] et [BRE2007])

Un modèle beaucoup plus récent et très souvent cité est celui publié par Hansen and Birkinshaw [HAN2007]. Alors qu'il est en parfait accord avec le modèle de Thom, il étend ce dernier au delà de la réalisation d'idée jusqu'à sa capitalisation, ainsi donnant la notion de création de valeur à l'évolution d'une idée. Par conséquence, les créateurs appellent leur modèle « la chaine de valeur d'idées » (Idea Value Chain).

La figure 8 montre cette chaine de valeur d'idées, composée de trois phases principales: la génération, la conversion, et la diffusion d'idées.

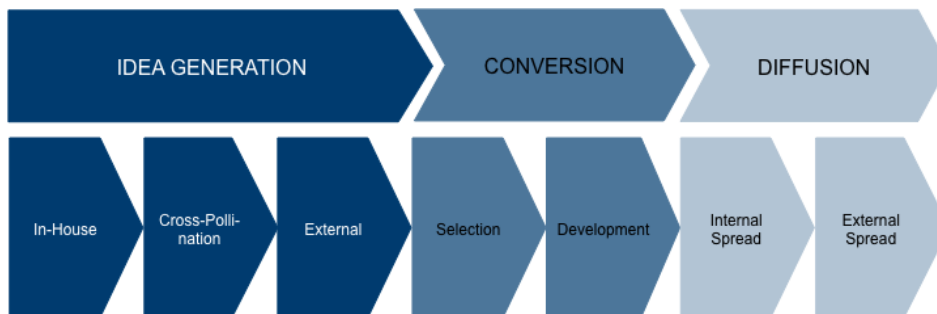


Figure 8: La chaine de valeur d'idées [HAN2007]

Les idées peuvent être générées dans (« in-house ») ou en dehors de l'organisation (« external »); la « cross-pollinisation » vise à faire collaborer les

différentes unités et divisions pour intégrer et valoriser leur connaissance. L'étape de conversion comprend la sélection et le développement d'idées. La sélection signifie l'analyse d'idées et l'initiation de leur financement. L'étape du développement transforme les idées sélectionnées pour un financement en produit. L'étape de diffusion sert à diffuser les idées à travers l'organisation pour qu'elles puissent être valorisées.

Des indicateurs doivent être spécifiés pour mesurer la performance de ces étapes succinctes. Ceci est indispensable car « la capacité d'une entreprise à innover n'est aussi bonne que le lien le plus faible de sa chaîne de valeur d'innovation » [HAN2007]. Tout lien faible non-identifié et non-remédié peut casser cette chaîne et ainsi nuire à la performance d'innovation de l'entreprise.

Ce modèle de chaîne de valeur permet de formuler des recommandations pour des actions pratiques d'amélioration, comme par exemple:

- Remédier aux faiblesses en génération d'idées, notamment par la construction des réseaux externes et/ou inter-unités.
- Remédier aux faiblesses en conversion d'idées par le financement inter-unités et la création des « havres protectrices ».
- Faciliter la diffusion d'idées par des « évangélistes d'idées ».

Hansen et Birkinshaw soulignent qu'il n'y avait pas de solution unique pour aider les entreprises à améliorer la performance de leur chaîne de valeur d'idées, et que l'imitation des meilleures pratiques n'était pas le bon chemin à prendre. Chaque entreprise a des défis d'innovation particuliers, et les pratiques qui sont les meilleures dans une entreprise peuvent être les plus mauvaises dans une autre. Par conséquent, le management doit avoir un regard sur l'intégralité de la chaîne de valeur d'idées dans leur entreprise pour pouvoir identifier leurs points faibles spécifiques et ainsi adapter les meilleures pratiques à leurs besoins [AMM2008].

Le modèle de chaîne de valeur d'idées permet donc de diagnostiquer, évaluer, et contrôler la performance d'innovation. Si nous nous intéressons en particulier à ce modèle, il faut bien prendre en compte que dans une entreprise donnée, cette chaîne est embarquée dans un contexte plus large qui l'influence. Dans [ENG2010], les auteurs proposent un modèle cohérent et universel ayant servi de ligne directrice pour analyser et évaluer les processus d'innovation dans plus que 1.500 entreprises de petite ou moyenne taille (PMEs) en Europe. Ce modèle représente l'innovation en maison avec plusieurs étages construites sur la base des facteurs facilitant l'innovation, et s'appelle "A.T. Kearney House of Innovation", d'après l'entreprise de conseil en management mondiale qui l'a commercialisé (figure 9).

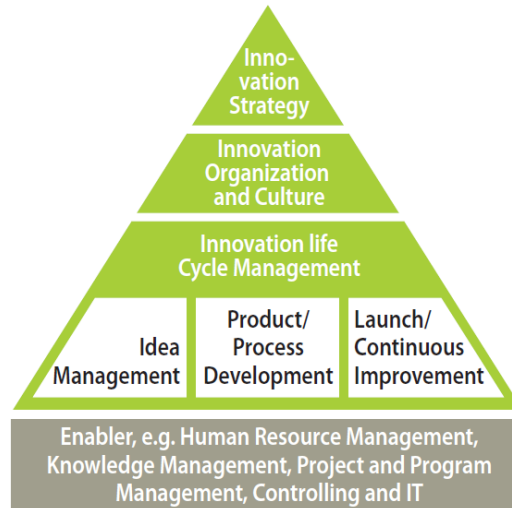


Figure 9: La « maison de l'innovation » d'après A.T. Kearney [ENG2010]

Nous avons investigué tous les éléments constructifs de cette maison en [I7]. Tout au long de notre parcours de recherche, ce modèle nous a bien servi pour nous rappeler des différents facteurs clés à prendre en compte lors de la conception d'un processus de référence pour la création d'idées.

7.4.2 L'intégration des acteurs

Sur la base de nombreux travaux sur la conception intégrée sur Grenoble et plusieurs laboratoires membres d'EMIRAcle, nous avons identifié l'intégration des acteurs d'expertises et de métiers différents dès les phases amont du processus de développement de produit comme facteur clé pour le développement durable [A4]. L'aspect de la durabilité se traduit par la possibilité d'identifier et intégrer les différents points de vue d'experts sous forme des besoins et contraintes au produit et son processus de développement dès le début de la conception [SAU2010]. Ces besoins et contraintes de natures économiques, écologiques, et sociales doivent être apportés au juste besoin [BRI2000] et prises en compte dans la conception et l'architecture du produit/système.

Pour notre recherche, nous projetons ce principe de l'intégration des acteurs également sur le processus de gestion de l'innovation, et plus particulièrement sur la phase de création et évaluation d'idées. Ceci nous semble évident, étant donné qu'il s'agit effectivement de la phase « racine » de tout processus de développement de voir le cycle de vie du produit/système. Cette réflexion nous amène à l'innovation ouverte, un concept moderne et récemment introduit par Chesbrough [CHE2003] en 2003, et origine de « Coopétition » [BEN2000]. Elle joue également un rôle essentiel dans la théorie de la conception innovante

C-K (« Concept – Knowledge ») marquée par Hatchuel et Weil [HAT2003], ainsi que dans son application à la création de la capacité d'idéation et d'innovation dans une organisation [HAT2006].

Dans [A11] et [O8] nous avons mené une réflexion concernant les différents « mondes » regroupant les groupes d'acteurs qui se ressemblent par rapport aux trois principes sociaux proposés par [MER1997] dans le contexte de la conception intégrée de produits : la logique d'action, l'échelle de valeur, et la connaissance collective. Cette réflexion est nécessaire car il faut trouver les bons moyens et outils pour pouvoir intégrer chaque monde d'acteurs dans le processus d'innovation de manière efficace et durable [ELI2002], [ROU2003], [STE2009]. Ceci implique de se poser les questions suivantes :

- Qui sont les acteurs à impliquer dans la gestion d'innovation?
- Quels sont leurs intérêts et leurs échelles de valeur?
- Quels sont les rôles des acteurs, et comment s'évalue leur influence?
- Quelles interactions, dépendances et/ou conflits existent entre les acteurs? Quels sont les facteurs clés de succès pour les impliquer ?
- Quels méthodes et outils doivent être appliqués pour faciliter l'intégration des acteurs dans la gestion de l'innovation de manière efficace et durable?

Les acteurs internes de l'organisation – les employés pour la plupart – représentent les sources d'idées les plus citées [STA1992], [BEL2004], [ALA2003]. Or, nous nous intéressons aussi à l'implication des acteurs externes dans le processus d'innovation, suivant le principe de l'innovation ouverte.

7.4.3 L'idéation

L'idéation (« ideation » en anglais) signifie « le processus de génération des idées créatives » [MAH2011]. Vue l'importance essentielle de ce terme dans le contexte de notre recherche, nous l'avons redéfini de manière plus précise :

L'idéation signifie la procédure de la génération d'idées et la sélection d'innovations de nouveaux produits, modèles d'affaires où services ayant un potentiel commercial sur le marché.

Cette définition exclut volontairement les idées pour l'amélioration des processus de l'entreprise en se focalisant uniquement sur les idées basées sur les innovations pour le marché. Ceci est très utile, car il permet de délimiter notre domaine de recherche de celui qui s'adresse à la gestion des idées, activité qui aujourd'hui s'adresse très souvent uniquement aux systèmes de suggestions pour l'amélioration continue (Kaizen) [FLY2003]. Contrairement aux systèmes

facilitant l'idéation en notre sens, ces systèmes ont déjà une longue histoire en Europe, Amérique, et Asie, et sont déjà bien établis, ainsi que les outils informatiques associés [LLO1999]. En outre, le terme idéation tel que nous l'avons défini, a été utilisé dans le même sens dans le contexte de la conception intégrée, et plus particulièrement par « l'école américaine » avec le « Design Thinking », marquée notamment par le filiale essaimée de l'Université de Stanford, CA IDEO [KEL2001], [BRO2008], [BRO2009].

Pour situer l'idéation dans le processus d'innovation, nous adoptons la vue établie par Koen et al., dans laquelle le processus d'innovation se compose de trois parties succinctes [KOE2001] :

- 1) la phase floue amont (« fuzzy front-end », FFE),
- 2) le processus de développement de nouveaux produits (« New Product Development », NPD) et
- 3) la phase de commercialisation.

Le FFE est donc la somme de toutes les activités en amont du NPD, ce dernier étant en général bien structuré, typiquement formalisé en points de décision [KOE2002] et [COO2011]. NPD est aussi exhaustivement traité dans la littérature. Une synthèse de référence est [ERN2002].

Le point de transition entre le FFE et le NPD est en général marqué par la décision de la direction pour ou contre le projet, d'où ce point s'appelle souvent le « money gate » (point de décision financière) [ZHA2001], [HER2007b].

Vu que l'idéation est par définition la toute première phase de ce processus [BUL2008], et que la phase de FFE comporte toutes les phases avant la transition d'un concept concret vers l'NPD, il devient possible de situer l'idéation dans le modèle de Koen (figure 10).

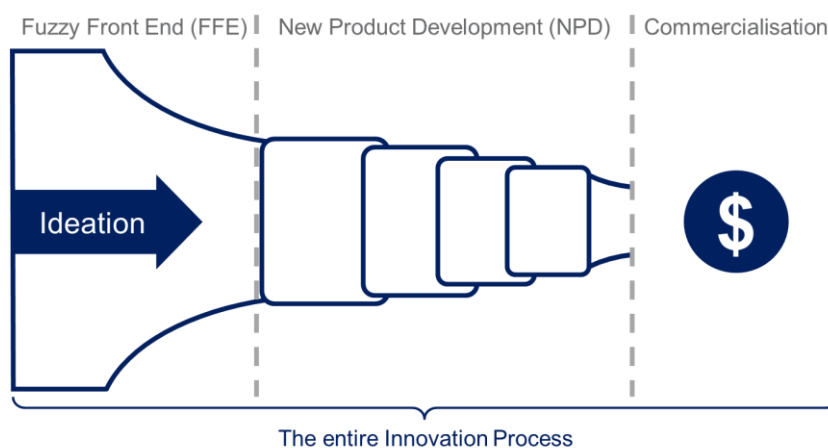


Figure 10: Le processus de l'innovation d'après [KOE2002]

Pour pouvoir situer la fin de la phase d'idéation dans le FFE plus précisément, nous avons choisi l'un des modèles du FFE les plus cités dans la littérature de recherche en ingénierie de produits, celui de Khurana et Rosenthal [KHU1997] (figure 11).

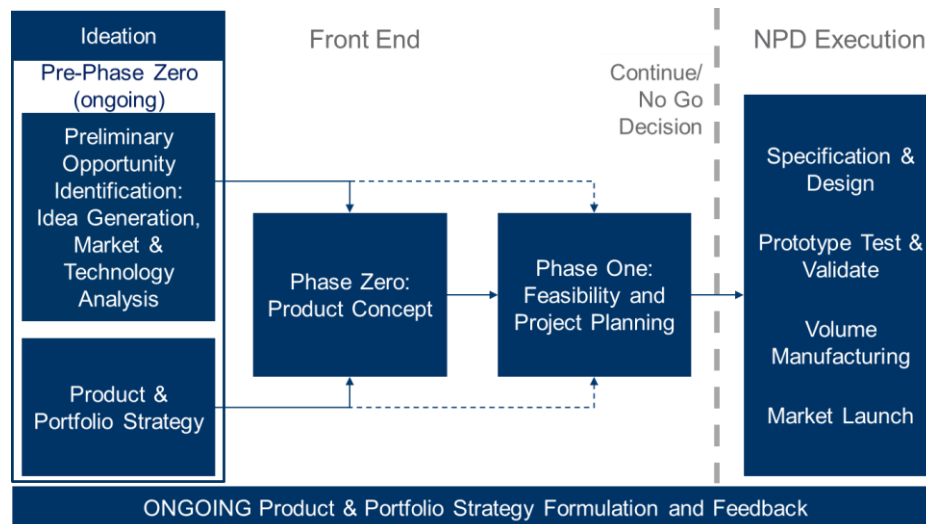


Figure 11: Le modèle pour la phase floue amont d'après Khurana et Rosenthal (basé sur [KHU1998])

Dans ce modèle, notre vue de la phase d'idéation correspond à la « Pre-Phase Zéro », et ne comprend ni la création d'un concept de produit (Phase Zéro), ni la planification du projet NPD. Khurana et Rosenthal soulignent que l'organisation, la culture, la stratégie et d'autres facteurs de l'environnement dans lequel le processus d'innovation se déroule, jouent un rôle très important pour le succès des activités du FFE. Ceci est en parfait accord avec l'objectif clé de notre recherche, ainsi qu'avec le concept de la maison d'innovation selon A.T. Kearney, introduite précédemment.

7.5 Questions clés de recherche

La délimitation et cette positionnement du terme « idéation » à été un pas essentiellement important pour notre recherche, car il nous a permis de nous focaliser sur la tâche pour avancer là où il y a encore un véritable vide dans les résultats de recherche publiés : *comment mettre l'idéation dans un processus structuré qui la rende gérable, sans nuire à la créativité et à la dynamique qui lui est intrinsèque ?*

Sont associées à cette question principale de recherche les sous-questions suivantes :

- 1) D'où viennent les nouvelles idées?
- 2) Quelles sources internes et externes sont particulièrement pertinentes à l'idéation?
- 3) Quelle culture organisationnelle facilite l'idéation ?
- 4) Est-il possible de mesurer le succès d'idées, et comment?
- 5) Comment les entreprises du secteur automobile et d'autres secteurs font-elles pour structurer leur processus d'idéation?
- 6) Quelles meilleures pratiques en gestion d'idéation existent?
- 7) Quelles expériences doivent être prises en compte lors de la création et implémentation du processus d'idéation?
- 8) Quelles interfaces et responsabilités sont nécessaires pour la génération et sélection d'idées?
- 9) Quels autres processus, méthodes et systèmes sont connectés avec le processus d'idéation (processus de prise de décision, voies de communication, idées refusées, etc.)?

Afin de pouvoir répondre à ces questions pratiques et théoriques qui se posent dans le contexte de notre recherche, nous avons choisi une démarche basée sur la théorie fondée sur la recherche documentaire et des entrevues d'experts et sa validation dans un environnement réel. La figure 12 visualise cette démarche.

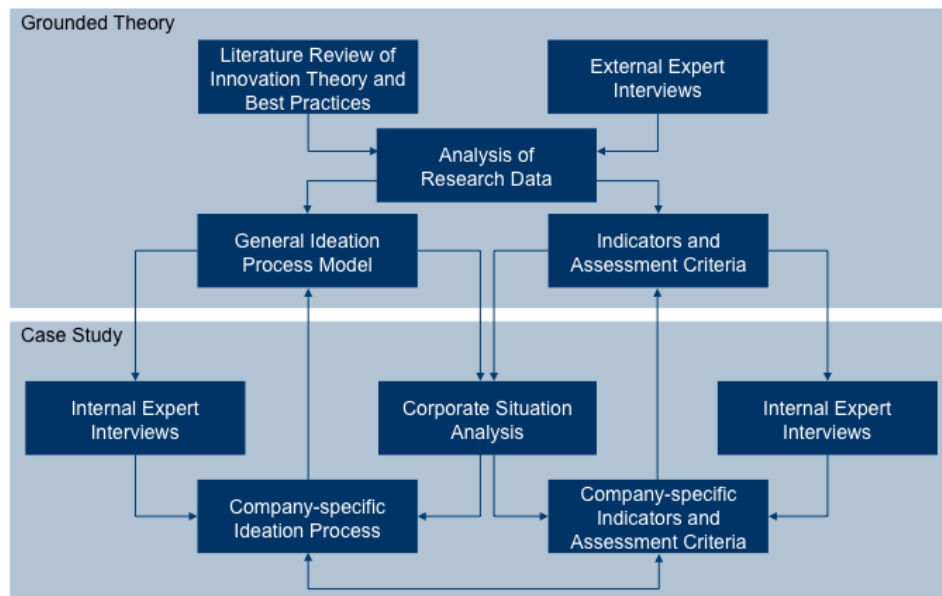


Figure 12: Cadre conceptuel de recherche en idéation

En particulier, nous soulignons l'importance des entrevues d'experts externes et internes pour connaître et comprendre les pratiques actuelles en idéation dans les entreprises du secteur automobile et autres. Nous avons constaté qu'il est impossible de trouver ces informations dans la littérature, car l'idéation telles que nous l'avons définie est un sujet assez jeune et surtout hautement compétitif et confidentiel pour un secteur où l'innovation « fermée » domine toujours sur le terrain.

7.6 Méthodologie de recherche

Les questions de recherche et le principe de l'approche étant bien définis, nous nous sommes posé la question de la meilleure méthodologie qui nous amènerait d'abord à la définition d'un processus d'idéation de référence à partir des résultats de recherche issus de la littérature et des entrevues d'experts, ensuite à la spécification d'un processus spécifique pour l'entreprise sous investigation.

Il était évident qu'il ne fallait pas simplement appliquer un processus vécu dans une entreprise dans une autre. Les bonnes pratiques d'une organisation ne sont pas forcément bonnes dans une autre, car le contexte change : les acteurs, leur environnement, leur culture, leurs besoins et contraintes, etc. Au lieu de cela, nous avons décidé d'adopter une démarche courante en mathématique pour trouver une ou la solution d'un problème qui est difficilement à résoudre dans un espace donné : la transformation du problème dans un autre espace où sa résolution est plus facile, puis la re-transformation de la solution dans l'espace d'origine. Dans notre contexte de recherche particulier cette démarche se traduit par les étapes suivantes :

- 1) L'identification et l'analyse des bonnes pratiques de l'idéation dans une sélection d'entreprises (espace « entreprise »).
- 2) La dérivation des facteurs clés du succès des bonnes pratiques identifiées (espace facteurs de succès, indépendant d'entreprise).
- 3) La mise en contexte des facteurs clés dans une entreprise cible donnée (espace « entreprise »).

Cette démarche de « re-contextualisation » de la connaissance via un espace « neutre » est démontrée en figure 13. Cette figure représente notre véritable feuille de route de notre recherche et par conséquence détermine également la structure des sections suivantes de ce manuscrit.

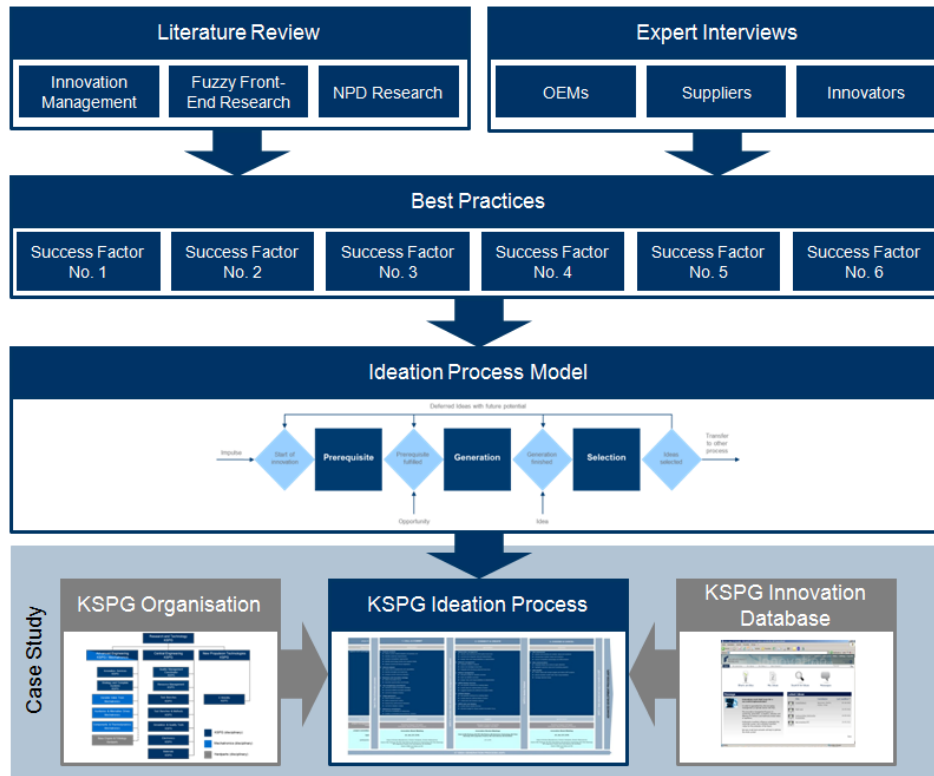


Figure 13: Méthodologie de recherche

7.7 Résultats de recherche

7.7.1 Recherche documentaire

Quant à la recherche dans la littérature, nous avons suivi une approche très systématique pour faire face à la pluridisciplinarité de notre sujet qui touche aux trois disciplines suivantes :

1. les sciences sociales,
2. les sciences économiques,
3. les sciences de l'ingénieur.

Cette démarche est montrée en figure 14.

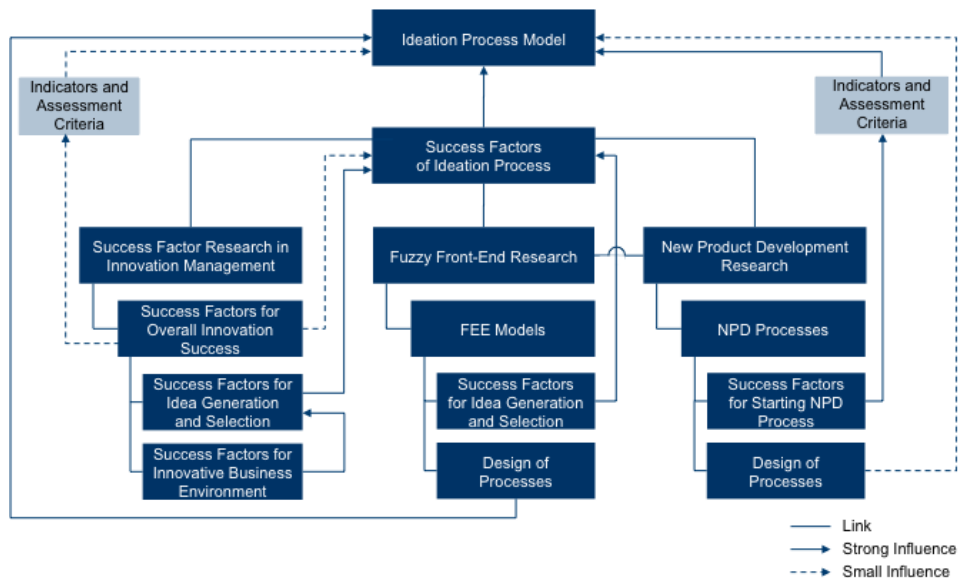


Figure 14: Concept systématique pour la recherche documentaire

En synthèse, cette recherche a donné les résultats suivantes :

1. Dans le contexte d'idéation, les sciences sociales s'occupent notamment de la créativité des individus et des groupes, sujet qui n'est pas notre première priorité. Nous nous occupons de la mise en valeur de la créativité des individus d'une organisation étendue pour un objectif particulier.
2. Les sciences économiques s'occupent du succès économique des innovations, sans remonter à l'origine de celles-ci.
3. Dans les sciences d'ingénieur, il y a une quantité importante des travaux sur le sujet NPD avec des résultats très intéressants pour nous. Vu que le processus d'idéation précède le NPD l'on peut le considérer comme étape préparatrice de ce dernier. Par conséquent, toute mesure prise dans le processus d'idéation qui sert à influencer les facteurs de succès du NPD de manière positive, contribue aux facteurs de succès du processus d'idéation.

Khurana, Rosenthal et Ernst ont établi la référence des facteurs clés du succès du NPD avec leurs publications [KHU1998] et [ERN2002]. Elles nous ont servies comme source principale pour la dérivation de facteurs clés de succès d'idéation à partir des résultats de recherche en NPD.

7.7.2 Entrevues d'experts

Par manque d'informations publiées sur les bonnes pratiques d'idéation, nous avons mené une série d'entrevues d'experts grâce au support de l'entreprise de conseil ILI CONSULTING, celle-ci possédant des contacts clés parmi les experts en innovation chez la plupart des entreprises que nous avons choisies. Le tableau 3 donne une vue ensemble de ces entreprises pour lesquelles nous n'avons pas l'autorisation de mentionner les noms pour des raisons de confidentialité.

Target Group	Scope	Reason for sampling	Data collection procedures	Companies
1	German automotive OEMs	- German automotive industry is regarded as innovation leader in the industry - Access available to interview participants or secondary data	- Interviews - Analyses of various publications from relevant congresses	- OEM 1 - OEM 2 - OEM 3 - OEM 4
2	Successful German automotive suppliers (Tier 1 supplier)	- The case study's company belongs to this segment - Comparison is interesting and necessary	- Interviews - Analyses of various publications from relevant congresses	- Supplier 1 - Supplier 2 - Supplier 3
3	Worldwide recognised innovation leaders, non-sector-specific	Inspiration from interdisciplinary perspectives on other industries	- Interviews - Analyses of various publications from relevant congresses	- Innovator 1 - Innovator 2 - Innovator 3 - Innovator 4 - Innovator 5 - Innovator 6

Tableau 3: Enquête par des entrevues d'experts externes

Toutes ces entrevues ont été menées par les membres de l'équipe de recherche avec le support d'un questionnaire complété par un guide détaillé. Elles ont été transcrites de manière séparée afin d'assurer la fiabilité « inter-rater » [ARM1997]. Les résultats ont été compilés dans un rapport, analysés et consolidés lors de deux ateliers d'équipe. Vue la nature qualitative de cette activité nous avons fait une synthèse qui nous avons incluse dans la spécification du processus d'idéation.

7.7.3 Les six facteurs clefs du succès de l'idéation

Ici nous nous limitons à la présentation des facteurs clés du succès que nous avons ainsi identifié, ceux-ci étant les éléments essentiels pour la conception du processus d'idéation.

1)Facteur clé de succès no. 1 (S1):

L'idéation commence au top management.

L'appel et la profession de foi de la part du top management pour l'idéation sont essentiels et doivent être clairement visibles et compréhensibles par tous les emplois.

2)Facteur clé de succès no. 2 (S2):

L'idéation demande une focalisation clairement définie et communiquée.

L'analyse systémique et systématique de la situation globale de l'entreprise et sa stratégie est nécessaire pour identifier les champs d'action d'idéation qui ensuite doivent être communiqués à travers de l'organisation entière.

3)Facteur clé de succès no. 3 (S3):

L'idéation se fait en réseau.

L'intégration des acteurs internes et externes évite les innovations de type "moi aussi" et augmente le potentiel d'innovation.

4)Facteur clé de succès no. 4 (S4):

L'idéation demande de la créativité.

La promotion de la créativité et son intégration dans les processus d'entreprise augmente la qualité et la quantité des idées.

5)Facteur clé de succès no. 5 (S5):

L'idéation a besoin d'esprit d'entrepreneur

Déclencher et pousser la compétition portant sur les idées et leur marketing dans l'entreprise augmente le niveau de maturité des idées et leur qualité.

6)Facteur clé de succès no. 6 (S6):

L'Idéation a besoin d'orientation organisationnelle

Les processus ciblés avec des critères d'évaluation clairs et précis facilitent la communication et la conversion des idées.

Tous ces facteurs contribuent à la base à la création d'une culture d'innovation ouverte qui facilite l'intégration de nombreux acteurs dans le processus d'idéation permettant ainsi de valoriser leurs observations, expériences, expertises, et créativité.

7.7.4 Le processus d'idéation de référence

L'un des modèles de processus les plus établis dans l'industrie [COO1990], [COO1991], [RUN2002] et [WHI1998] est le modèle « étape – points de décision » (« stage-gate » en anglais) par Cooper [COO2011]. Il est implémenté dans toutes les entreprises du secteur automobile en Europe, mais aussi chez 3M, Procter & Gamble, Hewlett Packard [VER2007] et beaucoup d'autres. La caractéristique principale de ce modèle est sa composition de plusieurs étapes multifonctionnelles dont chaque une est suivie par un point de décision décidant de la transition vers la prochaine étape.

Notre objectif principal pour la modélisation du processus d'idéation de référence était d'arriver à une projection claire et simple des six facteurs clés identifiés pour chaque étape et point de décision de manière que chacun des ces facteurs puisse être implémenté dans toute l'organisation spécifique. A ce but, nous avons conçu le processus affiché en figure 15.

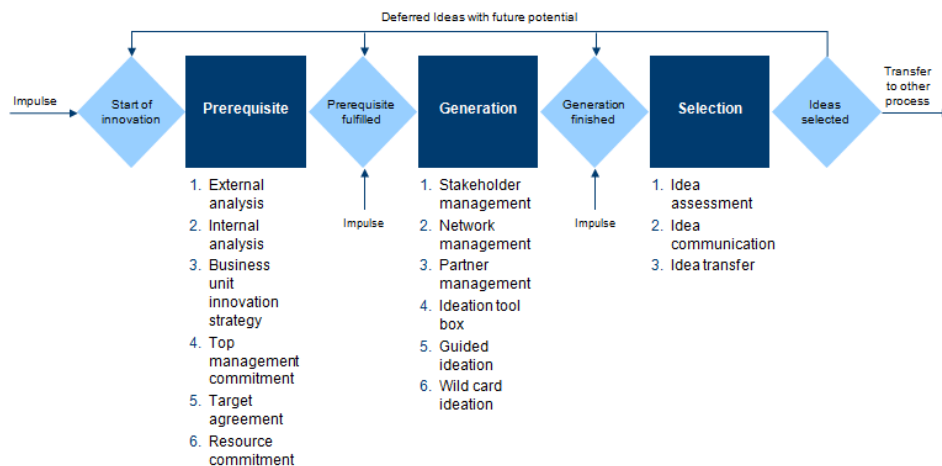


Figure 15: Processus d'idéation de référence

Le Tableau 4 montre les tâches à achever dans chaque étape, ainsi que la correspondance avec les facteurs clés de succès.

Process Phase	Tasks	Success Factor
Prerequisite	External Analysis	S1 and S2
	Internal Analysis	
	Business Unit Innovation Strategies	
	Top Management Commitment	
	Target Agreement	
	Resource Commitment	
Generation	Stakeholder Management	S3 and S4
	Network Management	
	Partner Management	
	Ideation Tool Box	
	Guided Ideation	
	Wild Card Ideation	
Selection	Idea Assessment	S5 and S6
	Idea Communication	
	Idea Transfer	

Tableau 4: Correspondance des facteurs clés de succès avec les étapes du processus de référence d'idéation

La première étape, dédiée à la mise en place des conditions préalables pour l'idéation, contient beaucoup de tâches basées sur des activités qui se font dans le cadre du management stratégique de toute entreprise. Par conséquent, l'effort pour les implémenter est considérablement réduit. La deuxième étape est intégralement consacrée à faciliter au maximum la création d'idées en réseau d'acteurs internes et externes. Grâce à l'idéation « joker » (« Wild Card Ideation » en figure 15) il devient possible pour les acteurs d'introduire des idées exceptionnelles, voire révolutionnaires, qui sortent des contraintes imposées par l'étape d'avant dans le processus, tenant ainsi compte de la spontanéité intrinsèque de l'objet cible du processus.

Nous rappelons également que ce processus de référence ne comporte aucun élément qui est véritablement spécifique au secteur automobile.

7.7.5 Implémentation et validation du processus chez KSPG

Notre objectif est de valider notre processus d'idéation de référence dans plusieurs entreprises de différents secteurs industriels. Le contexte de la thèse de Monsieur Neumann nous a permis de faire une première validation chez le sous-traitant automobile KSPG.

Vue la nature hautement compétitive et stratégique transformant la culture d'innovation de l'entreprise, chaque projet de validation est

- sujet à de longues négociations avec le top management,
- un projet qui nécessite des investissements financiers à travers l'organisation entière,
- un projet dont les effets ne sont visibles et évaluables que sur le moyen voire long terme,
- un projet qui implique une très grande partie de l'organisation de l'entreprise,
- un processus de transformation de la culture organisationnelle de l'entreprise.

Tous ces facteurs rendent l'acquis, le lancement, et l'accompagnement d'un tel projet difficile et intensif en investissement de temps et d'efforts. Par conséquence, il faut tirer un maximum d'expériences et d'inspirations de chaque projet pour pouvoir valider le processus.

Au départ du projet, le processus de gestion d'innovation actuel chez KSPG AG est lié au « KSPG Advanced Development Process » (ADP, processus de développement avancé), processus consacré au développement des nouveaux produits jusqu'au point où ces produits puissent être développés selon le « Product Development Process » (PDP, processus de développement de produits) spécifique à chaque division de l'entreprise. L'ADP ainsi que les PDP sont clairement définis selon le modèle étape – points de décision y compris les outils correspondants. La gestion d'innovation est sous la responsabilité est sous la responsabilité d'un manager d'innovation, lui-même un employé du département Ingénierie Avancée de la division centrale Recherche et Technologie. Il est responsable de la collection, sélection, et évaluation des idées de produits et du démarrage d'ADP pour leur réalisation [B15][B17].

Ce processus est en accord avec la « chaîne de valeur d'idées » selon Hansen and Birkinshaw [HAN2007]. La figure 16 démontre la relation entre les différents processus chez KSPG AG, ainsi que leur correspondance avec la chaîne de valeur d'innovation. Sont également indiqués les niveaux de maîtrise des étapes et activités de la chaîne, tels qu'ils étaient aperçus par le management au départ de notre projet. On peut constater sans aucune ambiguïté que la gestion de création d'idées de produits était considérée comme inexistante. Elle ne consistait que d'un appel annuel par email aux employés de la division R&D pour des propositions de nouveaux produits et d'améliorations des produits existants. Une base de données (« Innovation Database » en figure 16) servait à la collecte et la sélection des idées par un cercle fermé des managers de la division

R&D, ce mode de sélection impliquant trop peu d'experts ce qui est également considéré comme un point faible qu'il fallait améliorer [A10].

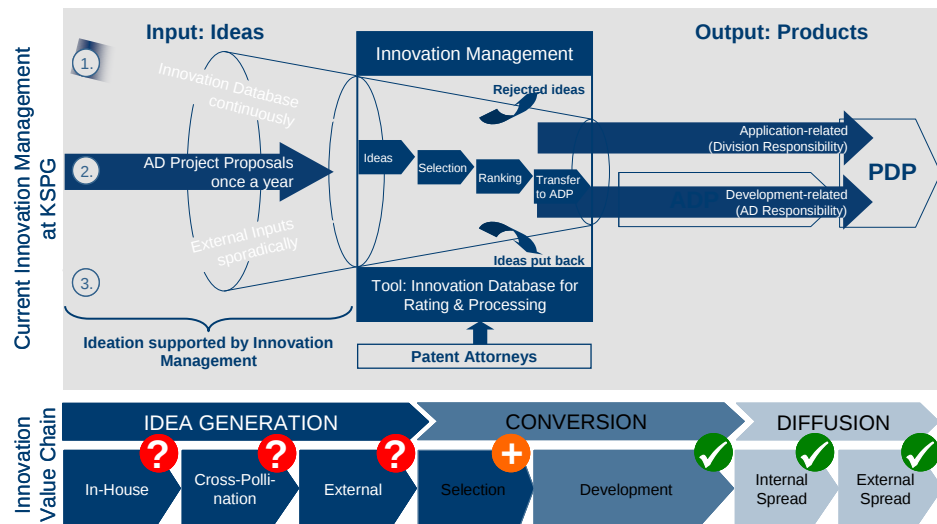


Figure 16: Processus de gestion d'innovation actuel chez KSPG AG

La hiérarchie de la division R&D souhaitait donc structurer, gérer la génération d'idées et améliorer la sélection de ces dernières. C'est un cas d'étude parfait pour valider notre approche, en partant d'un processus de génération d'idées facilitant l'implémentation des facteurs clé de succès d'idéation dans une organisation spécifique donnée. Pour ce faire, notre approche doit parcourir les étapes suivantes :

- 1) Identification des champs d'action prioritaires par l'analyse du niveau d'implémentation de chaque facteur clé du succès d'idéation dans le processus actuellement existant chez l'entreprise.
- 2) Identification des éléments organisationnels de l'entreprise nécessaires pour réaliser chaque étape et point de décision du processus d'idéation de référence.
- 3) Conception d'une spécifique incarnation du processus d'idéation de référence qui prend en compte l'implémentation de
 - a) tous les facteurs clés de succès d'idéation, ainsi que
 - b) tous les champs d'action prioritaires identifiés en étape 1
 avec les éléments organisationnels identifiés en étape 2.
- 4) Démonstration de la faisabilité du nouveau processus.



Figure 17: Processus d'idéation pour KSPG AG (partie 1 sur 2)



Figure 17: Processus d'idéation pour KSPG AG (partie 2 sur 2)

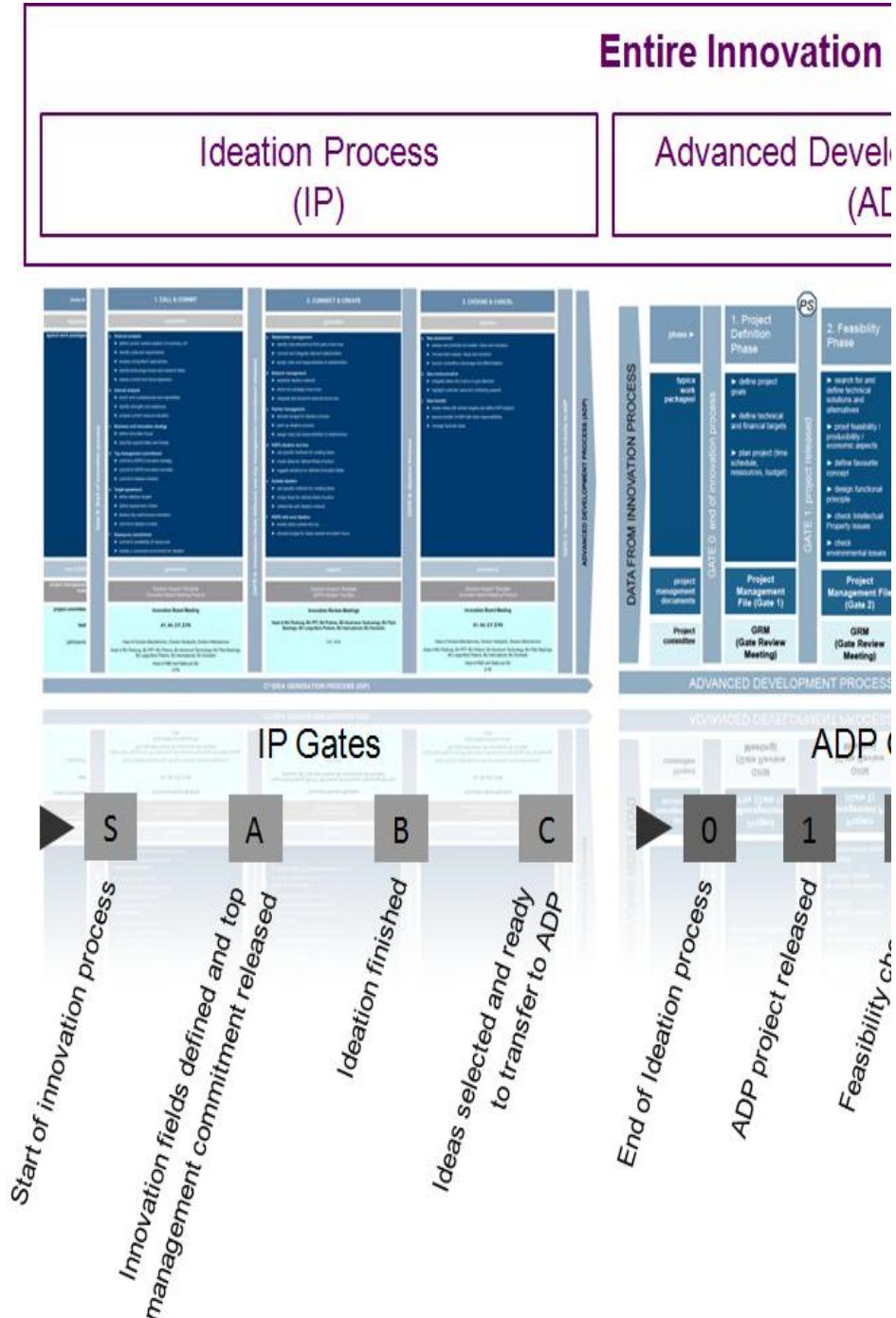


Figure 18: Processus d'idéation dans le processus d'innovation de KSPG AG (partie 1 sur 2)

Process at KSPG

Development Process (DP)

Product Development Process (PDP)

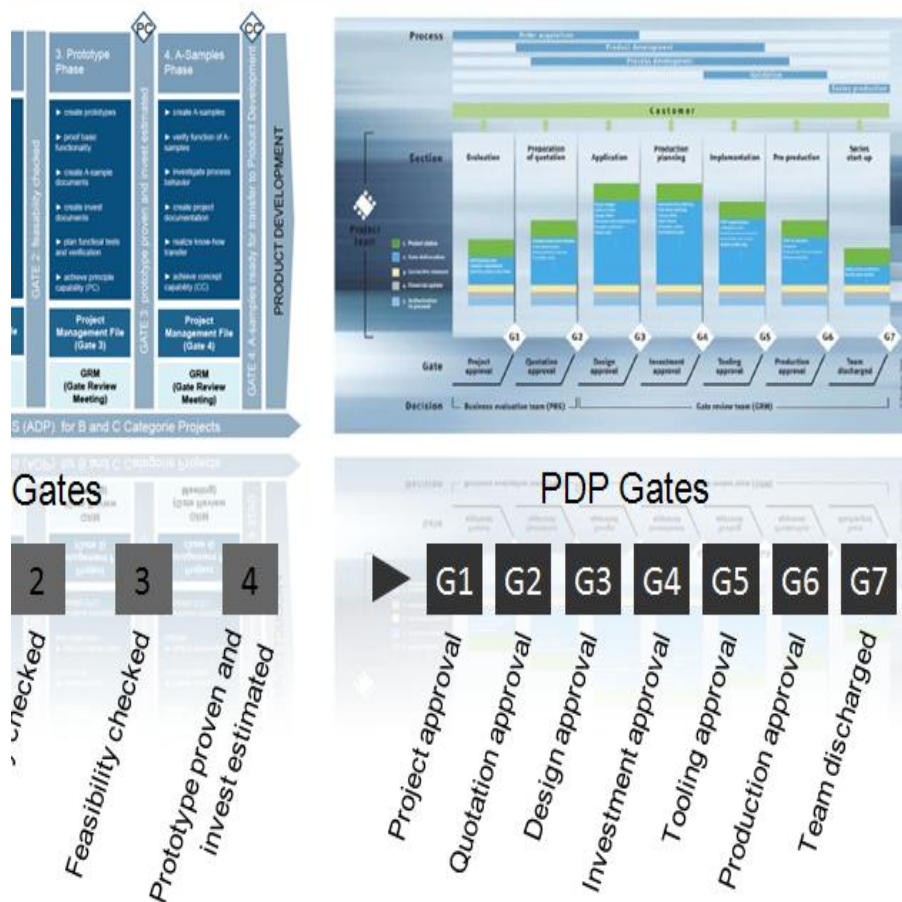


Figure 18: Processus d'idéation dans le processus d'innovation de KSPG AG
(partie 2 sur 2)

- 5) Proposition d'un concept d'introduction du processus dans l'organisation existante.
- 6) Accompagnement du processus d'introduction, amélioration du processus de référence et du processus spécifique grâce au retour d'expérience.

Notre projet ayant commencé en mars 2012, nous avons au jour de la rédaction finale de ce manuscrit parcouru toutes les étapes 1 à 5 avec la grande satisfaction de la hiérarchie. Le démarrage de la dernière étape 6 est prévu en automne 2012.

Ici nous présentons en Figure 17 la vue ensemble du processus tel que nous l'avons conçu et qu'il a été accepté par la hiérarchie de la division R&D de KSPG AG. Ce processus correspond exactement aux standards de représentation des processus dans l'entreprise, et précède désormais son processus ADP (Figure 18). Chaque étape, action, et point de décision correspond à un ou plusieurs facteurs clés du succès, et/ou un champ d'action prioritaire identifié lors de l'étape 1. Conformément aux standards de qualité de l'entreprise, des documents et modèles ont été créés pour l'intégralité des réunions prévues, ainsi que la plupart des tâches et outils. La prise en compte des documents et processus existants dans l'entreprise fut un élément essentiel pour faciliter l'introduction du nouveau processus et la transformation de la culture d'idéation dans l'entreprise.

En parallèle, nous avons démontré la faisabilité de ce résultat en l'appliquant à petite échelle sur le sujet de la mobilité électrique, objet des investigations stratégiques importantes chez KSPG.

La validation à grande échelle se fera à partir d'automne 2012 quand la campagne d'idées pour les nouveaux produits et services, ainsi que l'amélioration des produits existants qui sera lancée au niveau de toute l'organisation.

7.8 Bilan des apports pour la recherche académique

Nous avons réussi à combler le trou qui existait entre la recherche sur la créativité pour la génération des idées et leur valorisation dans une organisation industrielle pilotée par des processus bien structurés. Ainsi nos travaux se situent au carrefour des sciences d'ingénieur, des sciences économiques, et des sciences sociales. La notion de l'idéation qui nourrit le processus de gestion de l'innovation est l'élément au centre de ce carrefour en faisant le lien entre les trois disciplines concernées.

Nous avons notamment établi un lien entre la recherche en NPD, en gestion de l'innovation et en idéation. Ceci dans un contexte industriel qui nous a amené à produire des résultats académiques qui sont directement applicables aux contextes industriels. Ces résultats, comprenant un cadre générique et des instructions et lignes directrices pour le remplir, sont suffisamment génériques pour pouvoir être valorisés dans un environnement économique spécifique. Ils ont donc le potentiel de donner lieu à de nombreux projets de recherche et de validation dans une multitude de contextes différentes.

7.9 Bilan des apports pour l'application industrielle

Les facteurs de succès d'idéation et le processus de référence d'idéation que nous avons établis facilitent pour les entreprises la construction par eux-mêmes d'un processus de gestion d'idées, bien adapté à leurs besoins et leurs spécificités d'organisation et de culture. Ils donnent aussi des outils précieux pour des experts consultants qui accompagnent les entreprises au long du chemin dès l'identification des besoins, la conception du processus spécifique, son implémentation, évaluation et amélioration. Ceci présente une aide fondamentale pour un projet qui implique à la fois la mise en fonctionnement d'un nouveau processus, et le changement de culture d'innovation.

Nos résultats donnent également une base solide pour la collecte régulière des retours d'expérience pour bâtir une base de connaissance sur les valeurs qui intéressent les industriels, telles que

- les efforts requis pour les différentes phases d'introduction du processus et leur durée,
- la durée de chaque étape du processus,
- les investissements,
- les taux d'amélioration faisables avec le temps,
- etc.

7.10 Perspectives pour la recherche académique

7.10.1 Evaluation du processus de la phase floue amont

Nous considérons le potentiel de cette recherche très important, notamment car il y a peu de travaux comparables qui s'occupent de la phase amont du processus d'innovation. Dans la littérature, cette phase de la naissance et de maturation est considérée comme la phase floue amont de l'innovation, dû au fait

qu'elle se passe de manière peu, voire pas, gérable dans les entreprises. Après évaluation, les idées issues de cette phase entrent dans une chaîne de différents processus bien spécifiés, que les dirigeants savent bien gérer, et qui génèrent les indicateurs de performance en innovation de l'entreprise. Sous la pression d'un besoin d'innovation fortement croissant, les grandes entreprises réalisent la valeur de cette phase amont pour « nourrir » ces processus avec des idées qui peuvent être transformées en innovation. Les dirigeants cherchent donc des moyens qui leur permettent de gérer cette phase de manière similaire aux autres phases d'innovation. Pour pouvoir gérer ce processus, il est nécessaire

- de structurer cette phase pour qu'elle se déroule selon un processus bien défini,
- de définir des indicateurs qui permettent d'évaluer sa performance, ainsi que
- les mesures et outils requis pour pouvoir évaluer ces indicateurs.

Or, la plupart des indicateurs utilisés à ce jour pour évaluer la performance en innovation d'entreprise ne sont pas appropriés à donner une mesure fiable et utile pour pouvoir gérer et améliorer le processus de génération et maturation d'idées. Il faut donc rechercher d'autres indicateurs, et valider leurs aptitudes. En outre, la structuration de la phase de la création d'idées posera plusieurs autres nouvelles questions de recherche :

- 1) Dans quelle mesure peut-on « forcer » la phase la plus créative dans une structure sans restreindre la créativité, au contraire l'augmenter ?
- 2) Comment peut-on mesurer l'impact de chaque étape de processus à la création d'idées ?
- 3) Quels sont les outils les plus aptes à soutenir les acteurs dans chaque étape ?
- 4) Quelles sont les critères qui permettent de bien estimer le temps et l'effort qu'il faut pour faire vivre le processus dans une organisation particulière ?

7.10.2 Intégration des acteurs

Dans le cadre de la thèse de Monsieur Neumann nous avons identifié que certaines méthodes de management d'idées ont été établies pour gérer les idées d'amélioration des processus internes dans le cadre des efforts pour l'amélioration continue. Or typiquement, les idées pour de nouveaux produits et services de l'entreprise ne sont pas traitées par ces méthodes qui s'adressent ouvertement à tous les employés. Au contraire, l'innovation est considérée comme sujet de quelques employés seulement, ceux-ci souvent dans des posi-

tions dirigeantes. Le sujet au cœur de la thèse est l'hypothèse que l'intégration de différents experts dans le processus d'innovation, et plus particulièrement dans la création et évaluation idées, doit contribuer de manière significative à l'augmentation du nombre, de la « qualité » et de la pertinence des idées reçues. Dû aux contraintes de l'entreprise et du temps qu'il faut pour faire vivre un nouveau processus dans une grande organisation, nous n'avons pu valider cette hypothèse qu'à petite échelle. On devrait donc lancer des projets de recherche comparables dans plusieurs entreprises, les accompagner et les instrumentaliser afin de pouvoir en tirer des statistiques permettant d'évaluer de manière quantitative l'effet de l'intégration de différents experts.

En outre, nous pensons que ces effets jouent aussi un rôle significatif dans la durabilité des innovations issues des idées créées, évaluées et développées par des acteurs qui interviennent dans plusieurs phases différentes du cycle de vie du produit. Car notamment grâce à leurs expériences et points de vue différents, ils peuvent aider à assurer que les idées et leurs réalisations remplissent le mieux possible les critères qui sont décisifs pour leur succès. Cette question nous amène directement à l'innovation ouverte, un des sujets actuels phares de la recherche en innovation : on peut s'imaginer que des acteurs extérieurs de l'organisation interne de l'entreprise participent eux aussi à la création et évaluation des idées. Nous pensons notamment aux clients, fournisseurs, et aux partenaires de recherche et développement. Même les compétiteurs et les expériences de leurs clients avec leurs produits peuvent être une source intéressante pour de nouvelles idées. Pour en profiter, il faut trouver une façon de les intégrer dans le processus de création d'idées sans mettre en danger la compétitivité et la confidentialité.

7.10.3 Evaluation d'idées

Afin de ne pas restreindre la créativité des acteurs concernés, il faut considérer toute idée comme bonne et pertinente pour un sujet défini au départ du processus. Pourtant, suivant le budget disponible, il faudra prioriser les idées qui ont le plus grand potentiel pour faire le sujet d'une innovation, sans pour autant perdre les autres. Par conséquent, il est nécessaire de définir et communiquer les critères d'évaluation des idées en amont. Or, quels sont ces critères ? Est-ce qu'il y a d'autres mesures que le chiffre d'affaires que l'innovation issue d'une idée pourra apporter ? Sont cherchés les mesures et indicateurs qui permettent d'évaluer le potentiel d'une idée pour de nombreux point de vue tels que marché, organisation, image de marque, vue long terme, stratégie de l'entreprise etc. Il faut aussi donner aux acteurs les moyens et outils pour calculer ces indicateurs et pouvoir les représenter de manière apte pour les décideurs. Nous avons vu qu'il y a de nombreuses idées qui meurent faute de connaissance et d'utilisation de ces dernières.

À ce point, je tiens à souligner la pertinence particulièrement grande de ce sujet au projet « ResEUr » que j’ai piloté, avec pour but de mettre en place un programme innovant de formation et certification incitant principalement les doctorants à se lancer dans l’entrepreneuriat en les sensibilisant à l’importance de la considération des aspects d’innovation le plutôt possible dans leur recherche. Ce programme se décline comme une aide à « la conception intégrée d’innovation » dans le cadre d’un projet de recherche, une thèse doctorale typiquement. Les méthodes et mesures de nature décrites ci-dessus seraient fortement utiles pour les chercheurs qui souhaitent démarrer une activité entrepreneuriale à partir de leurs activités de recherche, et devraient donc être enseigné dans des formations comme ResEUr.

7.10.4 Facteurs clés de succès

On devra aussi sans doute mener une enquête approfondie par rapport aux méthodes et facteurs clés de gestion d’idées appliqués par les entreprises innovantes de différents secteurs. Nous avons commencé une telle enquête dans le cadre de la thèse, mais à petite échelle et avec un focus sur les entreprises allemandes du secteur automobile. Je considère l’identification de ces facteurs de succès indispensable pour concevoir et mettre en œuvre un processus de création d’idées qui prenne en compte toutes les spécificités de l’entreprise ciblée. La conception d’un processus spécifique au contexte autour de ces facteurs permettra d’éviter de copier un processus d’une entreprise à l’autre, ce qui comporte des risques d’échec graves. Dû à la confidentialité de ce sujet, peu de choses ont été publiées. Par conséquent, une approche basée sur les entrevues d’experts me semble la plus adaptée à cette problématique. Grâce à la « neutralité » des doctorants leur donnant un accès plus facile aux responsables d’innovation, ceci pourrait bien se faire dans le cadre d’une ou plusieurs nouvelles thèses.

7.10.5 Influences culturelles

Comme nous je l’ai expliqué dans l’introduction de ce projet de recherche, le contexte du projet nous a amené à investiguer une approche à l’idéation pilotée par un processus clairement structurée et supportée par de outils bien définis et approuvés. Dans les sciences sociales et les sciences de management d’entreprise il est bien connu qu’il y a d’autres approches à l’idéation et la gestion de l’innovation qui sont nettement moins structurées. Globalement, on constate que ces approches sociales sont courantes dans les pays orientaux, alors que les approches structurées selon le modèle des « étapes – points de décision » sont caractéristiques pour les pays occidentaux [GAU2007].

Il serait intéressant d'investiguer la validité des facteurs clés de l'idéation identifiés et de trouver de bons moyens et de bonnes recettes pour implémenter ces facteurs dans des organisations qui ne sont pas ou peu pilotées par des processus. Est-ce possible ? Est-ce nécessaire ? Comment le pendant du processus de référence pourrait-il se présenter ? Quels sont ses apports, ses valeurs ajoutées ?

Là aussi, il faudra ensuite se poser la question des bons indicateurs et outils d'évaluation de ces derniers.

7.10.6 Fouille des connaissances

Au carrefour de ma première activité scientifique principale présentée en chapitre 6 et de cette thématique se positionne l'application de la gestion et fouille des connaissances aux sources potentielles d'idées à l'intérieur et l'extérieur de l'entreprise. En Europe, il y a des jeunes entreprises de conseil et marketing qui proposent aux grands fabricants des services de conseil sur la base des analyses de satisfaction client, tendances de marchés, développements technologiques, etc. grâce aux outils d'extraction de connaissance du web et/ou d'autres sources publiques ou privées. En effet, les ressources en ligne telles que les articles de la presse, les blogs et forums et les réseaux sociaux, ainsi que les grosses bases de données des brevets contiennent de plus en plus d'informations qui peuvent être transformées en connaissance de haute valeur pour les entreprises.

Les outils qui facilitent la découverte et la valorisation de cette information se basent tous sur les algorithmes de fouille de texte tels que nous avons utilisés pour développer SCITE. D'après les informations disponibles publiquement, aucun des outils existants à ce jour n'est dans un état qui permet de l'utiliser sans connaissance d'expert. Ceci montre non seulement que cette discipline qui s'inscrit dans le Web 2.0/3.0 (Web sémantique) est encore jeune, mais aussi qu'elle nécessite l'intégration de plusieurs acteurs experts pour pouvoir valoriser les masses d'informations en connaissances.

Chez KSPG en particulier, il est envisagé à terme d'utiliser ce type d'outils pour pouvoir valoriser les ressources textes internes et externes afin d'établir une source d'idées complémentaire. Nous avons publié une première esquisse de cet objectif dans [B15] (figure 19). Même si cette perspective est pour le long terme, elle soutient la haute pertinence des deux sujets de recherche présentés dans ce manuscrit.

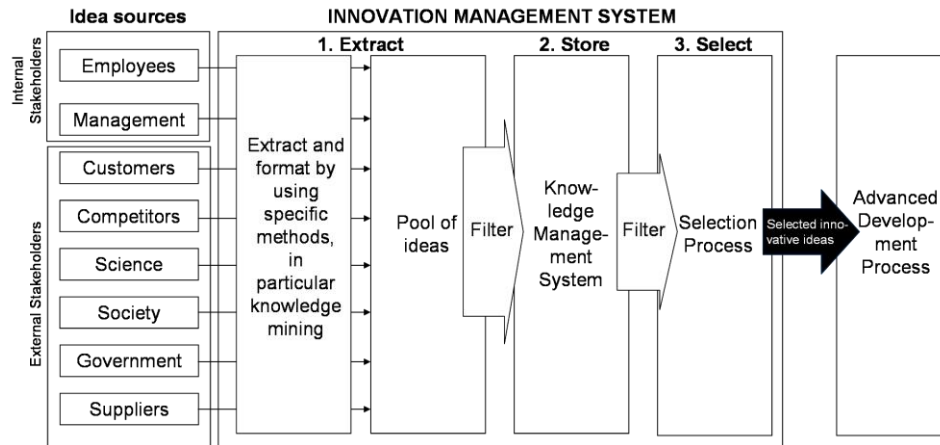


Figure 19: Utilisation de fouille de connaissances à terme chez KSPG AG

7.11 Perspectives pour l'application industrielle

7.11.1 Suivi intégral de l'introduction et application du processus

Le processus d'idéation proposé doit être mis en œuvre dans une organisation donnée comme une boucle de régulation. On ne connaîtra le bon fonctionnement du système commandé et de toute la boucle qu'après ils aient été implémentés en intégralité, et après quelques boucles de marche. Or, la mise en marche de cette boucle est un processus plus ou moins longue et intensif en investissements financiers et ressources humaines.

Il est donc absolument nécessaire de suivre et – tant que c'est souhaité par le management – accompagner l'entreprise sur le chemin d'introduction du processus, en observant l'évolution de la performance d'idéation et les indicateurs concernés, ainsi qu'en ajustant les paramètres du processus pour le contrôler et l'optimiser. Il faut en faire plusieurs expériences pour arriver aux estimations fondées des coûts, des efforts, et problèmes typiques qui peuvent être entraînés, connaissances essentiellement importantes pour les décideurs.

C'est l'étape qui succédera directement nos travaux de recherche et conseil chez cette entreprise. Monsieur Neumann et moi-même aurons un rôle clé dans ce projet, nous permettant de contribuer nous-mêmes à la validation et amélioration des résultats de notre recherche.

7.11.2 Application aux différents secteurs industriels

Tandis que nous avons menés nos travaux dans l'environnement d'un sous-traitant de l'industrie automobile, nous avons opté pour des résultats qui soient applicables avec succès dans d'autres secteurs. La méthodologie que nous avons choisie en fait la preuve. Pourtant, nous n'avons pas encore eu ni l'occasion ni les moyens pour appliquer notre approche aux autres entreprises, ceci donnant lieu à un défi en complément de futures travaux de recherche. Avant tout, l'on devrait vérifier si les facteurs clés du succès d'idéation tels que nous les avons définis sont aussi pertinents dans des secteurs autres que l'automobile, et s'il y a d'autres facteurs à prendre en compte.

On pourrait envisager la proposition des facteurs secondaires ou lignes directrices par secteur industriel, qui aideraient à la dérivation d'une incarnation du processus d'idéation de référence pour une entreprise d'un secteur spécifique.

Le top management d'une autre entreprise mondiale hors secteur automobile s'intéresse déjà sérieusement à l'implémentation de notre processus d'idéation chez eux.

8 Conclusion globale

8.1 Futurs enjeux

Sur la base des expériences et tous ces travaux il est évident que je souhaite aller plus loin dans mon objectif d'être un acteur du rapprochement entre le monde industriel et le monde académique selon la devise « *La recherche pour l'innovation et l'innovation pour la recherche* ». Ceci sera sans doute guidé par ma préoccupation pour l'innovation des produits, services, et systèmes qui passe par l'intégration des acteurs des cultures et expertises diverses et la maîtrise de l'interdisciplinarité.

Quant à la recherche académique je mettrai mon focus sur les sujets suivants :

- 1) Innovation : méthodes, processus, systèmes, organisations, évaluation, entrepreneuriat.
- 2) Méthodes de mise en place des organisations apprenantes sur la base d'identification des compétences clefs d'une entreprise.
- 3) Méthodologies pour l'implémentation du concept de l'intégration dans les organisations industrielles modernes.

Suite à mon expérience avec ces sujets de recherche dans le secteur automobile principalement, je souhaite élargir mon champ d'action et d'intérêt au domaine des énergies renouvelables, et plus généralement à la baisse durable de la consommation des ressources de notre planète. Ces enjeux de société présentent des défis exceptionnels aux acteurs de recherche, de l'industrie et de la politique à l'échelle internationale.

La valorisation de cette recherche restera également l'un de mes futurs enjeux principaux car elle représente un facteur essentiel de la coopération entre la recherche et l'industrie. Le conseil en management d'innovation, ainsi que la formation continue en gestion d'innovation et conception intégrée seront les axes de valorisation les plus importants dans la continuation de mon parcours.

Ceci impliquera aussi l'initiation de nouveaux projets de valorisation principalement au niveau européen, mais aussi au-delà l'Europe, notamment en Asie.

Avec l'expérience, transmettre de la connaissance grâce à l'enseignement et la formation est devenu une priorité complémentaire pour moi, que je souhaite augmenter davantage, tout en essayant d'innover sur la façon d'enseigner en déployant aux cours d'université des méthodes et outils modernes tels que l'apprentissage en ligne (« e-learning ») et les jeux sérieux (« serious games »). Pour ces activités d'enseignement, j'interviendrai notamment sur les sujets qui sont intrinsèquement liés à mes sujets de recherche.

8.2 Points forts de mon profil

Grâce à ma forte expérience académique et industrielle dans plusieurs domaines et secteurs je pense avoir un profil apte à affronter les nombreux enjeux que pose le rapprochement entre la recherche et l'innovation. Je fais partie d'un large réseau pluridisciplinaire et international que je considère comme la condition de base indispensable au succès de toute future activité.

Je pense avoir démontré une certaine capacité d'initiation, de lancement et de gestion des projets d'innovation qui impliquent de nombreux acteurs d'origines, cultures et expertises très variées. Ainsi, la coordination des équipes distribuées et internationales est devenue ma passion aussi bien que la vue systémique sur des systèmes et organisations pluridisciplinaires.

Bien qu'une grosse portion d'envie et curiosité me pousse à lancer des nouvelles actions en permanence, mon obsession d'aller jusqu'au but dans tout défi me fait tout entreprendre pour que ces actions se terminent bien et avec des apports souhaités.

Mon travail m'a donné des expériences particulièrement fortes dans l'ingénierie intégrée de systèmes mécatroniques, notamment leur conception et leur architecture. Dans ce contexte, la conception intégrée des produits et services concernés, ainsi que leurs processus ont toujours joué le rôle principal. Acquis dans le secteur automobile principalement, je suis convaincu que cette connaissance s'appliquera très bien aux autres secteurs.

L'obtention de l'habilitation à diriger des recherches augmente de manière très significative ma capacité de valoriser et enrichir mon profil en faveur de la recherche collaborative et sa transformation en innovation. Elle m'aidera aussi à piloter des nouveaux projets de recherche dans le cadre de Horizon 2020, nouveau programme-cadre de recherche et développement de la Commission Européenne dont la mission correspond parfaitement à ma devise du rapprochement entre la recherche et l'innovation...

Références bibliographiques

- [ALT2008] Altshuller, G. (1999). *The Innovation Algorithm: TRIZ, systematic innovation, and technical creativity*. Worcester, MA: Technical Innovation Center. ISBN 0-9640740-4-4.
- [ALA2003] Alam I. (2003). Commercial innovations from consulting engineering firms: An empirical exploration of a novel source of new product ideas. *Journal of Product Innovation Management*, 20(4), pp. 300-313.
- [AMM2008] Ammar-Khodja S., Bernard A. (2008). An Overview on Knowledge Management, pp. 3-21. *Methods and Tools for Effective Knowledge Life-Cycle-Management*, edited by Bernard, A. and Tichkiewitch, S., Springer, Berlin Heidelberg 2008.
- [AND2008] Anderson T. (2008). From Unstructured Text to Valuable Insights: Leveraging Text Analytics to Meet Competitive Intelligence Needs. *Competitive Intelligence Magazine*. 11(1)
- [ARM1997] Armstrong D., Gosling A., Weinman J., Marteau T. (1997). The Place of Inter-Rater Reliability in Qualitative Research: An Empirical Study. *Sociology*, Vol. 31, No. 3, August 1997, pp. 597-606.
- [ASA2008] Asakiewicz C. (2008). *Knowledge Mining – The Quantitative Synthesis and Visualization of Research Results and Findings*. VDM Verlag Dr. Müller, Saarbrücken 2008.
- [BAR2008] Barachini F., Rankl S. (2008). The Relevance of Knowledge- and Innovation Management for the European Automotive Supply Industry: A Case Study. *Knowledge Management – Competencies and Professionalism, Series on Innovation and Knowledge Management*. Vol.7, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore 2008, p. 159-169.

- [BEL2004] Belliveau P., Griffin A., Somermeyer S.M. (Eds.) (2004). *The PDMA ToolBook 2 for New Product Development*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ (2004).
- [BEN2000] Bengtsson M., Kock S. (2000). 'Coopetition' in Business Networks—to Cooperate and Compete Simultaneously. *Industrial Marketing Management* 29 (2000), pp. 411–426.
- [BRI2000] Brissaud D., Tichkiewitch S. (2000). Innovation and manufacturability analysis in an integrated design context. *Computers in Industry*, Vol. 43, pp. 111-121.
- [BRO2008] Brown T. (2008). Design Thinking. *Harvard Business Review*, June 2008, pp. 84-92.
- [BRO2009] Brown T. (2009). *Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation*. Harper-Collins Publishers, New York 2009.
- [BUL2008] Bullinger A.C. (2008). *Innovation and Ontologies – Structuring the Early Stages of Innovation Management*. Gabler, Wiesbaden 2008.
- [CHE2003] Chesbrough H.W. (2003). Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology. Harvard Business School Press: Boston, 2003.
- [COO1990] Cooper R.G., Kleinschmidt E.J. (1990). *New products – the key factors in success*. American Marketing Association, Chicago 1990.
- [COO1991] Cooper R.G., Kleinschmidt E.J. (1990). New product processes at leading industrial firms. *Industrial Marketing Management*, Vol. 20, pp. 137-147.
- [COO2011] Cooper, R.G. (2011). *Winning at New Products: Creating Value Through Innovation*, 4th edition, Basic Books, New York, NY 2011.
- [CRE2009] Creswell J.W. (2009). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. SAGE Publications Inc., 3rd Edition, Thousand Oaks, California 2009.

- [DAN2007] Dannenberg J., Burgard J. (2007). *Car Innovation 2015 – A comprehensive study on innovation in the automotive industry*. Oliver Wyman Automotive, Munich 2007, http://www.car-innovation.com/pdf/studie_car_innovation_2015.pdf.
- [DHO2010] D'hondt, Vertommen J., Verhaegen P.A., Cattrysse D., Duflou J.R. (2010). Pairwise-adaptive dissimilarity measure for document clustering. *Information Sciences*, 180(2), pp. 2341-2358.
- [ELI2002] Elias A.A., Cavana R.Y., Jackson L.S. (2002). Stakeholder analysis for R&D project management. *R&D Management*, Vol. 32, No. 4, pp. 301-310.
- [EMI2012] EMIRAcle, European Manufacturing and Innovation Research Association, a cluster leading excellence. <http://www.emiracle.eu>, dernier accès le 12/09/2012.
- [ENG2010] K. Engel, E. Diedrichs and S. Brunswicker. Imp3rove: A European Project with Impact. 50 Success Stories on Innovation Management. *Europe INNOVA Paper n° 14*, ISBN 978-92-79-14070-9, European Union, 2010, téléchargé depuis <http://www.improve-innovation.eu> on 01/04/2011.
- [ERN2002] Ernst H. (2002). Success factors of new product development: a review of the empirical literature. *International Journal of Management Reviews*, Vol. 4, Issue 1, March 2002, pp. 1-40.
- [FAN2005] Fan W., Wallace L., Rich S., Zhang Z. (2005). Tapping into the Power of Text Mining. *Communications of ACM*.
- [FLY2003] Flynn M., Dooley L., O'Sullivan D., Cormican K. (2003). Idea management for organizational innovation. *International Journal of Innovation Management*, 7(4), pp. 417-442.
- [GAU2007] Gautam, V., Blessing, L. Cultural Influences on the Design Process. Intl. Conference on Engineering Design, ICED'07, 28-31 August 2007, Cite des sciences et de l'industrie, Paris, France, pp. 554-556.
- [GRI2008] Grimes S. (2008). *Text Technologies in the Mainstream*. A White Paper for Text Analytics Summit, Boston.

Références bibliographiques

- [HAN2007] Hansen M.T., Birkinshaw J. (2007). The Innovation Value Chain. *Harvard Business Review*, Vol. 85, No. 6, pp. 121-130 (2007).
- [HAT2003] Hatchuel A., Weil B. (2003). A New Approach of Innovative Design: An Introduction to C-K Theory. *Proceedings of the International Conference on Engineering Design - ICED 2003*. Stockholm, August 2003, pp. 15.
- [HAT2006] Hatchuel A., Weil B. (2006). Building innovation capabilities. The development of design-oriented organizations. Hage J., Meeus M., eds.: *Innovation, Science and Industrial Change: The Handbook of Research*. Oxford University Press, New York, pp. 294-312.
- [HAU2011] Hauschildt J., Salomo S. (2011). *Innovationsmanagement*. 5th edition, Vahlen, München.
- [HER2007b] Herstatt C., Verworn B. (eds.) (2007). *Management der frühen Innovationsphasen: Grundlagen – Methoden – Neue Ansätze*. 2nd edition, Gabler, Wiesbaden.
- [HIR2005] Hirsch J.E. (2005). An Index to Quantify an Individual's Scientific Research Output. *PNAS* 102(46).
- [ILI2009] Ili, S. (2009). *Open Innovation im Kontext der Integrierten Produktentwicklung – Strategien zur Steigerung der FuE-Produktivität (Open Innovation in Context of Integrated Product Development – Strategies for Increasing RnD-Productivity)*. IPEK Forschungsbericht, Band 33, Institut für Produktentwicklung Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe 2009.
- [ILI2010a] Ili S., Albers A., Miller S. (2010). Open innovation in the automotive industry. *R&D Management*, Vol. 40, Issue 3, pp. 246-255.
- [ILI2010b] Ili S. (2010) (Ed.). *Open Innovation umsetzen – Prozesse, Methoden, Systeme, Kultur*. Symposion Publishing GmbH, Düsseldorf 2010.
- [IND2011] InduTech Ltd. <http://www.indutech.co.za>, dernier accès le 05/10/2011.

- [INM2007] Inmon W., Nesavich A.(2008). *Tapping into Unstructured Data: Integrating Unstructured Data and Textual Analytics into Business Intelligence*, Prentice Hall.
- [KEL2001] Kelley T., Littman J., Peters T. (2001). *The Art of innovation, Lessons in Creativity from IDEO, America's Leading Design Firm*. Doubleday publishers, New York.
- [KHU1997] Khurana A., Rosenthal S.R. (1997). Integrating the Fuzzy Front End of New Product Development. *Sloan Management Review*, Vol. 38, No. 2, pp. 103-120.
- [KHU1998] Khurana A., Rosenthal S.R. (1998). Towards Holistic “Front Ends” in New Product Development. *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 15, Issue 2, pp. 57-74.
- [KIR2003] Kiritsis D., Bufardi A., Xirouchakis P. (2003). Research issues on product lifecycle management and information tracking using smart embedded systems. *Advanced Engineering Informatics* 17 (2003), pp. 189–202.
- [KLE1996] Kleinschmidt E., Geschka H., Cooper R.G. (1996). *Erfolgsfaktor Markt. Kundenorientierte Produktinnovation*. Springer, Heidelberg (1996).
- [KOE2001] Koen P., Ajamian G., Burkart R., Clamen A., Davidson J., D’Amoe R., Elkins C., Herald K., Incorvia M., Johnson A., Karol R., Seibert R., Slavejkov A, Wagner K. (2001). New Concept Development Model: Providing Clarity and a Common Language to the ‘Fuzzy Front End’ of Innovation. *Research Technology Management*, Vol. 44, No. 2, pp. 46–55.
- [KOE2002] Koen P.A., Ajamian G.M., Boyce S., Clamen A., Fisher E., Fountoulakis S., Johnson A., Puri P., Seibert R. A., Davidson J., D’Amoe R., Elkins C., Herald K., Incorvia M., Johnson A., Karol R., Seibert R., Slavejkov A, Wagner K. (2002). Fuzzy Front End: Effective Methods, Tools and Techniques. Belliveau P., Griffen A., Somermeyer, S. (Eds.) (2002) *The PDMA ToolBook 1 for New Product Development*, John Wiley & Sons. Inc., Hoboken, New Jersey, pp. 5-35.

- [KON2004] Kongthon A. (2004). A Text Mining Framework for Discovering Technological Intelligence to Support Science and Technology Management. Georgia Tech, Georgia, PhD Thesis.
- [KUR2004] Kurek R. (2004). *Erfolgsstrategien für Automobilzulieferer – Wirksames Management in einem dynamischen Umfeld*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- [LLO1999] Lloyd G. (1999). Suggestion systems: Industrial productivity. In: *Total Quality Management*, Vol. 10, No. 6, pp. 869-876.
- [MAH2011] Mahon N. (2011). *Basics Advertising 03: Ideation*. AVA Publishing SA, Lausanne, Switzerland.
- [MAN2009] Manning C.D., Raghavan P., Schütze H. (2009). *An Introduction to Information Retrieval*. Cambridge University Press, Cambridge, England.
- [MER1997] Mer S., Jeantet A., Tichkiewitch S. (1997). *Le génie industriel dans un monde sans frontières*. 2ème congrès international franco-qubécois, 3-5 Sept 1997, Albi, France.
- [POR1980] Porter M.F. (1980). An algorithm for suffix stripping. *Program*, 14(3), pp 130–137.
- [RAO2003] Rao R. (2003). From Unstructured Data to Actionable Intelligence. *IT Professional*, pp. 29-35.
- [REU2008] Thomson Reuter (2008). *Using bibliometrics a guide to evaluating research performance with citation data*. White paper.
- [ROC1969] Rocher G. (1969). Introduction à la sociologie générale. *Tome 1*.
- [ROU2003] Roucoules L., Salomons O., Paris H. (2003). Process planning as an integration of knowledge in the detailed design phase. *International Journal Computer Integrated Manufacturing*. 16(1), pp. 25-37.
- [RUN2002] Rundquist J., Chibba A. (2002). The use of processes and methods in NPD: a survey from Swedish industry. EIASM, *Proceedings of the 9th International Product Development Conference*, Sophia Antipolis, France 2002, pp. 773-786.

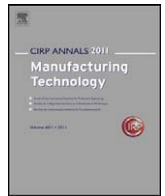
- [SAU2010] Saunière J.-C., Temam O. (2010). *Innovation and Performance - Where's your R&D at?* PricewaterhouseCoopers Study.
- [SCH2005] Schmalen C. (2005). *Erfolgsfaktoren der Markteinführung von Produktinnovationen klein- und mittelständischer Unternehmen der Ernährungsindustrie*. Herbert Utz Verlag, München.
- [STA1992] Stasch S.F., Lonsdale R.T., LaVenka N.M. (1992). Developing a Framework for Sources of New Product Ideas. *Journal of Consumer Marketing*, 9 (2), pp. 5-15.
- [STE1997] Stevens G.A., Burley J. (1997). 3,000 raw ideas = 1 commercial success! *Research Technology Management*, 40 (3), p. 16-27.
- [STE2009] Steiner G. (2009). The Concept of Open Creativity: Collaborative Creative Problem Solving for Innovation Generation – a Systems Approach. *Journal of Business and Management*, Vol. 15, No. 1, pp. 5-34.
- [THO1980] Thom N. (1980). *Grundlagen des betrieblichen Innovationsmanagements*. 2nd edition, Peter Hanstein Verlag, Königstein/Taunus (1980).
- [TIC1998] Tichkiewitch S., Veron M. (1998). Integration of Manufacturing Process in Design. *Annals of the CIRP*, vol.47/1/1998, pp. 99-102.
- [TIC2000] Tichkiewitch S., Brissaud D. (2000). Co-ordination between product and process definitions in a concurrent engineering environment. *Annals of the CIRP*, vol.49/1/2000, pp. 75-79 (2000).
- [TIC2005] Tichkiewitch S. (2005). A Virtual Research Lab for a Knowledge Community in Production (VRL-KCIP). *Advances in Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering*. Bramley A., Brissaud D., Coutellier D., McMahon C. ed., Springer, The Netherlands, pp. 3-16.
- [UYS2010] Uys J.W., (2010). *A Framework for Exploiting Electronic Documentation in Support of Innovation Processes*. Stellenbosch University, Stellenbosch. PhD Thesis.

Références bibliographiques

- [VAH1999] Vahs D., Burmester R. (1999). *Innovationsmanagement: Von der Produktidee zur erfolgreichen Vermarktung*, Schäffer-Poeschel, Stuttgart 1999.
- [VDA2011a] German Association of the Automotive Industry (VDA) (2011). *The economic situation of the automotive industry in 2010*, Berlin 2011.
- [VDA2011b] German Association of the Automotive Industry (VDA) (2011). *Annual Report 2011*. Berlin 2011.
- [WHI1998] Whiteley R.L., Bean A.S., Russo M.J. (1998). Using the IRI/CIMS R&D Database. *Research Technology Management*, Vol. 41, No. 4, pp. 15-16.
- [WIK2011] http://en.wikipedia.org/wiki/Impact_factor, dernier accès le 30/09/2011.
- [ZHA2001] Zhang Q., Doll W. J. (2001). The fuzzy front end and success of new product development: A casual model. *European Journal of Innovation Management*, Vol. 4, Issue 2, pp. 95-112.

Partie III:

Copie des publications les plus significatives



Automatic knowledge extraction from manufacturing research publications

P. Boonyasopon^{a,b}, A. Riel^{b,d}, W. Uys^{c,d}, L. Louw^{c,d}, S. Tichkiewitch (1)^{b,d,*}, N. du Preez (2)^{c,d}

^a KMRC, Knowledge Management Research Center, KMUTNB, Bangkok, Thailand

^b G-SCOP Laboratory, Grenoble Institute of Technology, Grenoble, France

^c Department of Industrial Engineering, University of Stellenbosch, Stellenbosch, South Africa

^d EMIRACLE AISBL Research Association, Brussels, Belgium

ARTICLE INFO

Keywords:

Management
Decision making
Document retrieval technique

ABSTRACT

Knowledge mining is a young and rapidly growing discipline aiming at automatically identifying valuable knowledge in digital documents. This paper presents the results of a study of the application of document retrieval and text mining techniques to extract knowledge from CIRP research papers. The target is to find out if and how such tools can help researchers to find relevant publications in a cluster of papers and increase the citation indices their own papers. Two different approaches to automatic topic identification are investigated. One is based on Latent Dirichlet Allocation of a huge document set, the other uses Wikipedia to discover significant words in papers. The study uses a combination of both approaches to propose a new approach to efficient and intelligent knowledge mining.

© 2011 CIRP.

1. Introduction

Modern information technology provides access to a rapidly increasing amount of information sources inside and outside of organizational boundaries. Both in industry and academia the task of turning the vast amount of structured and unstructured information into useful and sustainable knowledge has become one of the biggest challenges, as knowledge is considered as a key to success in any organization. To face this challenge, knowledge management processes and tools aim at capturing and capitalizing on implicit and explicit organization knowledge residing in internal information sources such as people, databases and exchanged documents, as well as in external sources, most notably the internet.

Researchers are confronted with a very similar problem. Their access to publications is increasingly facilitated by Internet and dedicated on-line data vaults. Currently deployed document retrieval techniques in related environments are mostly based on full-text search and categorization by title, keywords, abstract, or other specific parts of the whole documents. This approach is very limited and fails to take into account the actual content [1]. Moreover, the process of categorization is usually done manually, which is time-consuming and error-prone.

The target of the research underlying this paper is to propose and conceive a knowledge mining system based on text mining that facilitates and supports researchers in finding relevant papers based on their actual interests. This paper presents a completely new approach to this target by the combination of two fundamentally different tools and algorithms for text mining and automatic topic identification.

Section 2 explains the target in greater detail, Section 3 introduces a particular text mining tool for automatic topic identification. Section 4 introduces a Wikipedia-based keyword extraction tool. Section 5 proposes a new approach to relating research papers using a combination of the two tools introduced in the previous sections. Section 6 briefly reports about a case study which is entirely based on CIRP publications. Finally, Section 7 concludes this paper with an outlook on the next steps.

2. Target description

The target of this research is to conceive a knowledge mining system that helps researchers capitalize, in a very efficient way, on knowledge hidden in existing research papers. It should help them find publications which are relevant to a particular paper. The interest of such a system is manifold. Firstly, it can help authors cite papers that are indeed related to their works. Secondly, it can help them discover relevant papers which they normally would not have looked for (e.g. papers from another domain). Thirdly, it can help them increase citation indices of their papers (by means of putting their papers into the system, and thereby making them available to be proposed as relevant papers to other authors). Many more useful specific applications can be envisaged [1], but the authors considered the three above-mentioned ones to provide key added value.

The system should use text mining and automatic topic identification to enable users discover the essential semantic elements in papers without having to read those. It is important to mention that the authors are researchers in the manufacturing, modern product development and innovation domains, and therefore can look at this subject from the user's perspective only. The very first step was thus to do an extensive investigation in this field [2], and to select and procure appropriate tools. In a second step, a reference document corpus was specified.

* Corresponding author at: G-SCOP Laboratory, Grenoble Institute of Technology, Grenoble, France.

3. Categorization by automatic topic identification

One fundamental element of relating documents and of giving a basic idea of what documents are about is their categorization according to a defined set of topics. The targeted system should be able to automatically identify such topics.

3.1. Overview of CAT

The text mining tool CAT (Content Analysis Toolkit [3]) by Indutech (Pty) Ltd. in South Africa [4] has been used as a point of departure in this research. The major capabilities of CAT are information extraction, clustering, concept linkage, and information visualization from electronic text documents. In particular the tool can automatically analyze and categorize a huge number of documents into different topics.

To use CAT, the user has to specify the files to be analyzed, indicate the number of expected topics to be extracted from the pool of documents, and define the number of times a word has to appear in order to be considered in the analysis (the minimum word frequency). One or more so-called “stop-lists”, which specify words that have little or no semantic value, can be further selected or created to exclude such words from the analysis. Based on these inputs, CAT is able to automatically analyze all the documents provided. At the end of this process, CAT comes up with a result visualization as well as an Excel file, which essentially allows for the following operations:

- Visualization of word clouds associated with identified topics. Each topic is also specified by the three most significant words associated with it.
- Mapping each document to related topics.
- Clustering documents based on their similarities.
- Visualization of relationships among documents and topics.

3.2. Characteristics and limitations of CAT

CAT is largely based on Latent Dirichlet Allocation (LDA), a well-proven and well-established algorithm for knowledge mining from unstructured document sources. As it is based on statistical modelling, it requires very huge text corpora to function correctly, and is thus computationally expensive.

Studies linked to this research confirmed that CAT has indeed a lot of functionalities that can help researchers retrieve explicit or tacit knowledge from collections of research papers [1]. However, in the application for this specific purpose, CAT has certain limitations. The limitations considered as most important are the following:

1. CAT is based on a probabilistic model, which leads to the fact that the results of several analyses of a given document collection may differ more or less significantly from one another. This can present a serious problem in terms of the repeatability as well as of the assessment of the quality and the reliability of a specific analysis.
2. CAT does not support incremental analysis and document fold-in operations. Therefore, whenever one or several new documents are added to the corpus, a complete analysis of the updated corpus has to be done. Apart from the fact that computation times for analyses are in the order of several hours for huge corpora, this limitation makes it impossible to determine the relevance of a new document with respect to an existing corpus and topic structure.
3. CAT does not support a fully unsupervised process. A considerable amount of expert knowledge is required especially for the assessment of the result quality.
4. CAT has been conceived for analyses of very huge document corpora. However, there are no specific rules that allow determining the minimum number of documents which should lead to optimal and reliable results.

5. From a semantic point of view, CAT does not use ‘stemming’ techniques which provide a way of treating different declinations, singular and plural, prefixes, etc. of a specific word as one single word. Also, compound words are not recognized by CAT as such.

A more detailed analysis of CAT, its use and its underlying algorithm has been published in [2,5].

4. Encyclopaedic keyword extraction

LDA and related approaches perform the document corpus analysis in two main steps:

1. Build a knowledge model of words contained in the document corpus.
2. Identify topics based on the model built.

All the knowledge available for the essential topic identification process is thus derived from the document corpus, which implies both a limitation to semantic performance and a computationally complex task. The question is if it was possible to replace this step totally by capitalizing on some kind of existing body of semantic knowledge which grows independently of the document corpora submitted to the analysis. Ideally, this knowledge body would be available for different languages. In this context the idea came up that the required external knowledge body essentially represents encyclopaedic knowledge. The authors’ subsequent research revealed that there is in fact a research community which has succeeded in using the digital encyclopaedia Wikipedia exactly for this purpose. Particularly interesting and relevant contributions from this community can be found in [6,7].

4.1. Overview of Wikify

Basically, the published Wikipedia-based approaches use a tool called Wikify, which is an unsupervised system to automatically identify the semantically important encyclopaedic terms (including compound words and acronyms) in an input text, and to link them to Wikipedia articles [8]. Currently its main application is the semantic annotation of webpages, however the fact that it makes available practically the whole semantic intelligence of Wikipedia, opens up a wide and yet largely unexploited field of applications.

Using Wikify for knowledge mining applications conceptually has the potential of completely replacing the step of building a semantic model of words, as it uses the inherent semantic model of Wikipedia. For the purpose of identifying semantically important words in a text, the quality of the articles corresponding to the identified words is not at all an issue. This is important, as often in Wikipedia, words are added without an explaining article but instead with a call for an article. Other articles exist but have not yet been reviewed by experts. It would at the same time provide a solution to issues that are highly problematic in LDA and related probabilistic semantic modelling approaches, such as compound words, polysemy, synonymy, and multi-language. Also, to eliminate totally insignificant words for the analysis, there is no need for stop-lists, which are language-specific and prone to be incomplete and outdated.

4.2. Characteristics and limitations of Wikify

As Wikipedia is a universal encyclopaedia, its knowledge model poses two fundamental challenges to the automatic identification of significant keywords in research publications from a particular domain:

1. Terms can only be identified as being significant if they are known to Wikipedia, which is not necessarily the case for terms of cutting-edge research. However, due to the unequalled speed of growth of Wikipedia, missing terms are likely to be added very rapidly.

2. Far more than the potentially lacking depth in a particular domain, the immense breadth of knowledge contained in Wikipedia definitely creates a big challenge for the targeted knowledge mining application: Wikify identifies keywords and phrases in a text as significant irrespectively of their relevance to a chosen domain. Although this can help reveal unexpected information and knowledge in specific documents, it primarily leads to a high amount of keywords related to general knowledge and thus renders the analysis of domain-specific keywords more difficult and cumbersome.

Inspired from the characteristics of CAT and Wikify, which both represent cutting-edge text mining technology, the authors have found a way of combining the advantages and overcoming the limitations of both approaches to conceive a knowledge mining system according to the targets described in Section 2.

5. Combining CAT and Wikify

CAT identifies topics in *huge document corpora without external knowledge*. All operations work on the entire corpus and a *globally spanning statistical model*, so the computation effort is very *high*. Wikify uses *external knowledge* from Wikipedia to do keyword extraction *per document* in a *very efficient* manner.

The key operation of the target application outlined in Section 2 is relating a new document (e.g. a new research paper) to a given corpus of documents (e.g. published research papers from the manufacturing domain). Based on the findings above, the following procedure is proposed:

- Step 1: Use CAT to automatically identify the keywords that characterise the document corpus, and group them into suggested topics, which can then be used to categorize the documents in the corpus. For each of these documents, the internal keywords are stored.
- Step 2: Use Wikify to extract the keywords of a new document.
- Step 3: Filter the keywords found by Wikify using the keywords identified by CAT.
- Step 4: Match the list of filtered keywords found by Wikify with the list of internal keywords for each document of the document corpus and store the number of common keywords.
- Step 5: Extract the most relevant documents relatively to the new document with the higher score of common keywords.
- Step 6: Add the new document and the list of filtered keywords to the document corpus.
- Step 7: Repeat Step 2 for any other new document, keeping unchanged the corpus-specific knowledge basis that was established in Step 1.
- Step 8: Repeat Step 1 from time to time to improve the keywords of the new document corpus.

Step 6 assures that new keywords (that come up due to new research) become part of the document (knowledge) base whenever the latter is updated using CAT in Step 8. This makes sure that the knowledge base—including the keyword list—evolves with the application of the system to new publications.

6. Case study

This procedure was applied with a reference document corpus from the CIRP community composed of all the 240 papers of the CIRP-STCs (Scientific Technical Committee) Assembly (STC-A), Design (STC-Dn), and Optimization (STC-O) which have been published in the CIRP Annals from 2003 and 2008.

CAT was asked to identify 5 different significant topics in the CIRP document corpus. The computation time on an average PC was approximately 10 h. The complete set of analysis results is available in an Excel file containing several different worksheets, which allow most notably to relate documents to topics, and

documents to documents. From this analysis, Topic 1 was chosen as the reference topic. Its three most significant keywords were *product*, *process*, and *knowledge*, but it was characterised by a total of 73 keywords. Let the set of these keywords be $KT1$. For each of the 240 papers in the corpus, the global CAT analysis result file shows the degree of relevance of the respective paper to the topic. The 38 most relevant papers (with a degree of relevance $>65\%$) were chosen from there, and for each of them the two most similar documents of the corpus were determined from the results file.

6.1. Algorithm used for the study

In the next step each of these 38 papers was considered as Document Reference (DR) and analyzed with Wikify using the following procedure:

For all $i [1,38] DR \leftarrow D_i$

1. Wikify the reference paper DR , and select only those (compound) words which match semantically with $KT1$. The result KDR is the subset of $KT1$ which can be found in DR .
2. Build a binary representation of the relationship between $KT1$ and KDR such that
for all $k[1,73] BDR_k \leftarrow 1$ if $KT1 \in KDR$, else 0
3. For all $j [1,38], i \neq j, DC \leftarrow D_j$
 - 3.1 Wikify the comparison paper DC , and select only those words and compound words which match semantically with $KT1$. The result KDC is thus the subset of $KT1$ which can be found in DC .
 - 3.2 Build a binary representation of the relationship between $KT1$ and KDC such that for all $k [1,73] BDC_k \leftarrow 1$ if $KT1_k \in KDC$, else 0.
 - 3.3 Build a binary representation of the relationship between KDC and KDR such that for all $k [1,73] BDD_{j,k} \leftarrow 1$ if $BDR_k = BDC_k = 1$, else 0.
 - 3.4 Calculate $SDD_j = \sum BDD_j$.
4. The documents with the highest SDD are considered most relevant to the reference document DR .

This algorithm can be fully automated and calculated with few computing resources. It determines the documents from the selected corpus which are considered most relevant to a given reference document from this corpus.

6.2. Results

Fig. 1 shows an excerpt of the result table of the above algorithm for one particular reference paper. The column entitled “Keywords/Documents” contains the keywords identified by CAT from the corpus. Only an excerpt of the 73 keywords is shown. The grey-shaded column to the right indicates the binary pattern of the reference document, determined according to the algorithm shown in Section 6.1. The other columns which have a filename in their first line indicate the binary pattern of the respective document from the corpus. The line corresponding to a particular keyword contains “1” if this keyword appears at least once in the respective document, “0” otherwise. The red (dark grey) column to the right of each document column contains the result of applying the binary “AND” operation between the pattern of the corpus document on the left with the reference document pattern. The number on the bottom of each such column indicates the number of “1” in it, and corresponds to the number of keywords which appear both in the reference document AND the respective document from the corpus.

The bottom part shows the filename and the title of the reference document, below in the “Wikify” section the filenames and titles of the corpus documents which have the highest number of keyword matches with the reference document. The “CAT” section shows the filename and the title of the corpus document which CAT considers most similar to the reference document.

	Keywords/ Documents	A-2008-1-9	A-2008-2-21	Dn-2006-2-769	A-2008-1-17	Dn-2007-1-159	A-2003-1-25	Dn-2004-1-151
2201			21		17		25	
2202	activity	0	0	1	0	0	1	0
2203	analysis	1	0	0	1	1	0	1
2204	application	0	1	1	0	0	1	1
2205	approach	0	0	0	0	1	0	1
2206	architecture	0	0	1	0	1	0	0
2207	aspect	0	0	0	0	0	0	0
2273	technology	1	1	1	1	1	1	1
2274	time	0	1	1	1	1	1	1
2275	tool	1	1	1	1	1	1	1
2276	value	1	1	1	1	0	1	1
2277			36		42	31	34	27
2278								39
2279	Reference DR	A-2008-1-9	Integration of a service CAD and a life cycle simulator					
2280								
2281	Wikify:	Dn-2006-2-769	42	Virtual Research Lab: A New Way To Do Research				
2282		Dn-2005-1-117	40	Mapping Knowledge about Product Lifecycle Engineering for Ontology Construction via				
2283		Dn-2004-1-151	39	An Approach to Life Cycle Oriented Technical Service Design				
2284		A-2005-1-9	39	Product Redesign Using Value-Oriented Life Cycle Costing				
2285		A-2004-1-13	39	Development of a Productive Service Module Based on a Life Cycle Perspective of Mai				
2286		Dn-2008-1-133	39	Modularization as an enabler for cycle economy				
2287		O-2003-1-389	39	A Novel Digital Enterprise Technology Framework for the Distributed Development and				
2288	CAT:	A-2005-1-9		Product Redesign Using Value-Oriented Life Cycle Costing				
2289		Dn-2003-1-109		Integrative Design Environment to Improve Collaboration between Various Experts				

Fig. 1. Excerpt from the analysis for one particular reference document.

The complete result table reveals that for a very large part of the 38 papers there is at least one document from the corpus that is among the most relevant papers indicated by both CAT and Wikify. The other similar papers identified via Wikify are in fact also very relevant to the respective reference papers. These results clearly indicate that Wikify can lead quickly to accurate results when filtered by document-corpus specific word lists.

It has to be emphasized that this case study has been limited to three STCs for reasons of efforts and clarity. The presented approach can be applied without modification to a much larger CIRP document base, including publications from all STCs. This will enable users to find relevant papers from unexpected STCs, which can leverage inter-STC referencing and collaboration. A good example for a paper which is relevant to all STCs is [8].

7. Conclusion

This paper suggests a system that supports researchers in finding publications that are relevant to their papers, and that consequently helps them build good bibliographies and increase citation indices. It introduces a novel approach to relating documents in a very efficient, reliable and accurate way. Its key characteristics can be summarized as follows:

1. The LDA-based CAT tool is used to identify topics which characterise the documents in the corpus. Each topic is defined by a list of keywords, sorted by their relevance to the topic. By providing a homogeneous corpus, where all documents are from one particular domain, one obtains topics and keywords that are characteristic and/or specific for a given domain (CAT itself is domain-independent).
2. The Wikipedia-based Wikify tool is used to identify significant words in a given document, sorted by the number of occurrences in this document. For this operation, Wikify uses sophisticated semantic concepts and the broad knowledge contained in Wikipedia.

3. Combining these two approaches and tools allows finding very quickly and automatically documents in the corpus that are similar or relevant to any given new document.

A method was shown that allows the programmatic implementation of this approach. However, this method does not yet exploit the latter's full potential. Valuable and already available information, such as the keyword frequencies determined by Wikify, or the more complex semantic relationship between keywords and compound terms determined by Wikify and the individual keywords found by CAT, are not yet used. They may provide a very useful means to further improve the fidelity of the similarity measure. To investigate these improvements is the subject of the authors' future research.

Acknowledgements

The authors owe particular thanks to Kino Coursey and Rada Mihalcea for providing access to their Wikipedia-based tool suite WikiRank, and for their very helpful and immediate support.

References

- [1] Riel A, Boonyasopon P (2009) A Knowledge Mining Approach to Document Classification (Keynote Paper). *The Asian International Journal of Science and Technology in Production and Manufacturing* 2(3):1–10.
- [2] Uys, JW (2010) A Framework for Exploiting Electronic Documentation in Support of Innovation Processes, PhD Thesis, Stellenbosch University, Stellenbosch, South Africa.
- [3] www.analyzecontent.com (last accessed 19.07.2010).
- [4] www.indutech.co.za (last accessed 19.07.2010).
- [5] du Preez N, Perry N, Candlot A, Bernard (1) A, Uys W, Louw L (2005) Customised High-value Document Generation. *Annals of the CIRP* 54(1):123–126.
- [6] Coursey K, Mihalcea R, Moen W (2009) Using Encyclopedic Knowledge for Automatic Topic Identification. *Proceedings of the 13th Conference on Computational Natural Language Learning (CoNLL)*, Boulder, Colorado, 210–218.
- [7] Mihalcea R, Csoma A (2007) Wikify! Linking Documents to Encyclopedic Knowledge. *Proceedings of the 16th ACM Conference on Information and Knowledge Management (CIKM)*, Lisbon, Portugal, 233–242.
- [8] Tichkiewitch (1) S, Shpitalni (1) M, Krause (1) F. (2006) Virtual Research Lab: A New Way To Do Research. *Annals of the CIRP* 55(2):769–792.

Sustainable innovation management in the automotive supplier industry

Martin Neumann

KSPG AG, Alfred-Pierburg-Straße 1,
41460 Neuss, Germany
E-mail: martin.neumann@de.kspg.com

Andreas Riel* and Daniel Brissaud

Grenoble-INP,
G-SCOP UMR5272,
46 av. Félix Viallet,
Grenoble, F-38031, France
E-mail: andreas.riel@grenoble-inp.fr
E-mail: daniel.brissaud@grenoble-inp.fr
*Corresponding author

Abstract: Innovative product development is highly dependent on new product ideas and information on the product during its complete life cycle. Especially in the automotive supplier industry, which obtains its competitive advantages by technological lead, innovation management has to analyse existing and new technologies and assess them with respect to their market success. To this aim, all the stakeholders involved throughout the complete product life cycle are valuable resources of knowledge, which are largely unexploited in current innovation management systems. A case study which links these theoretical principles with industry experiences shows that this approach can leverage company-wide sustainable innovation management.

Keywords: innovation management; sustainable innovation; product life cycle; knowledge management; technology planning.

Reference to this paper should be made as follows: Neumann, M., Riel, A. and Brissaud, D. (2011) 'Sustainable innovation management in the automotive supplier industry', *Int. J. Technology Intelligence and Planning*, Vol. 7, No. 4, pp.327–343.

Biographical notes: Martin Neumann is Manager Innovation Services within the central research and technology department of Kolbenschmidt Pierburg AG and has been working since 2004 for Kolbenschmidt Pierburg and the Pierburg GmbH in the fields of market research and innovation management. He has professional work experience in marketing, consulting and market research, and he has been certified as European Innovation Manager.

Andreas Riel is Program Manager and Senior Consultant with SAXEL in Grenoble, France, and a Lecturer at Grenoble Institute of Technology (Grenoble INP). He has 10 years of professional experience in automotive powertrain calibration and development, and five years of experience in the management of the European Network of Excellence VRL-KCiP, which is at the origin of the EMIRAcle research association in modern integrated product development and manufacturing. Over the recent years he has gained vast

experience in innovation management in industry and academia, and he has been certified as European Innovation Manager and Trainer.

Daniel Brissaud has been a Professor of Engineering Design and Eco-design at Grenoble Institute of Technology (Grenoble INP) since 1998. He is head of the cluster of research “Management and Organisation of Production Systems and Innovation” for the Rhône-Alpes area, member of the European Manufacturing and Innovation Research Association “EMIRAcle”, CIRP fellow. His scientific interests are: Eco-design, environmental assessment, life cycle engineering, clean technologies, product-service systems design, integrated design and requirements engineering. He authored more than 60 papers in international journals and books and mentored more than 20 PhD theses.

1 Introduction

Innovations are the global motor for economic growth. Within the R&D- and innovation-driven environment of automotive suppliers, the capacity for innovation and the performance of activities have become a major challenge for the success of companies. In 2015, the global automotive suppliers and engineering firms will invest approximately €65 billion in R&D. This sum is far more than twice as much as the OEMs’ budgets (Dannenberg, 2008).

Innovation management in this sector (as well as in other technology-driven sectors) is still very much focused on the generation, assessment, and patenting of ideas for technical solutions to known problems. The number of patents filed per year is, thus, typically used to assess a company’s innovation power. However, this indicator completely fails to take into account the success of the implementation of those patents and ideas on the market in terms of the key factors of time (conception, design, implementation, market launch, lifetime, etc.), cost (development, production, total cost of ownership, etc.), environmental impact (ecology, economy, society), and numerous others.

The goal of this paper is to propose a strategy of moving from a classical, technical idea generation-oriented innovation management to sustainable organisation-wide and lifecycle-oriented innovation management system. The example of the international automotive supplier KSPG AG, headquartered in Germany, is used as a case study. The research addresses both methods and tools, and thus deals with the innovation management process as a whole.

The paper is structured as follows: Section 2 gives some fundamental considerations about general challenges for innovation management, as well as innovation management trends and requirements particular to the automotive industry. Section 3 investigates how innovation management processes can deliver sustainable innovations by the systematic integration of a multitude of stakeholders, i.e., different domain experts who have a stake in the product/system lifecycle in the innovation management process. Section 4 deals with the question of how such stakeholders can be integrated by analysing the different characteristics of groups of stakeholders inside and outside a given organisation. Section 5 puts these analyses in context with the establishment of an innovation management system that has the potential to significantly leverage sustainable innovation

power by opening up the innovation management process. Finally, Section 6 concludes the paper and gives an outlook on the authors' future research activities.

2 Reflections on innovation management with special regard to the automotive supplier industry

2.1 Challenges for innovation management

The development of new products and processes is an extremely complex procedure that many companies, despite extensive theoretical findings, control only in a limited way. The multitude of participants, decisions and interdependences connected with product lifecycles generates a high complexity of innovation tasks, which can only be managed to a certain extent by the use of conventional routine jobs and decision mechanisms (Stockmeyer, 2001). Therefore, the implementation of a company-wide innovation management function, which organises the comprehensive and profound interactions with other corporate divisions and the business environment, is essential (Pleschka and Sabisch, 1996; Diller, 1994).

The overall mission of innovation management is to manage all innovation activities to ensure long-term sustainable competitive advantages (Pleschka and Sabisch, 1996). This task description can be divided into the following fundamental functions (Pleschka and Sabisch, 1996; Hauschild, 1997):

- creation of a suitable conceptual framework and an innovation stimulating system (e.g., organisational structure and culture) with appropriate social relations
- establishment of a process-accompanying and inter-divisional information exchange between all involved participants in an innovation project
- definition of innovation goals and selection of adequate innovation strategies
- planning and controlling of individual innovation processes as well as the entire innovation portfolio and the coordination of particular innovation projects
- continuing evaluation and decisions on innovation projects under economic and technical criteria.

Even if the focus of innovation is originally on economic and technical criteria, as stated above, modern and sustainable innovation management is also increasingly challenged by ecological and societal issues. Nowadays, no innovation can be sustainable without meeting key challenges of our modern environment and today's society. The main consequence for the innovation management function within an organisation is that it has to understand and take into account challenges imposed by the environment, i.e., by ecology, economy and society. As it is practically impossible that this knowledge can be concentrated in one person and job role, modern sustainable innovation management has to be built on a system rather than on an individual. This system has to integrate a large number of stakeholders inside and outside the company all along the innovation management process, each of them having different expertises and views on the complete product/system life cycle (Hall and Vredenburg, 2003). This is the major challenge of modern innovation management, also denoted as integrated innovation management.

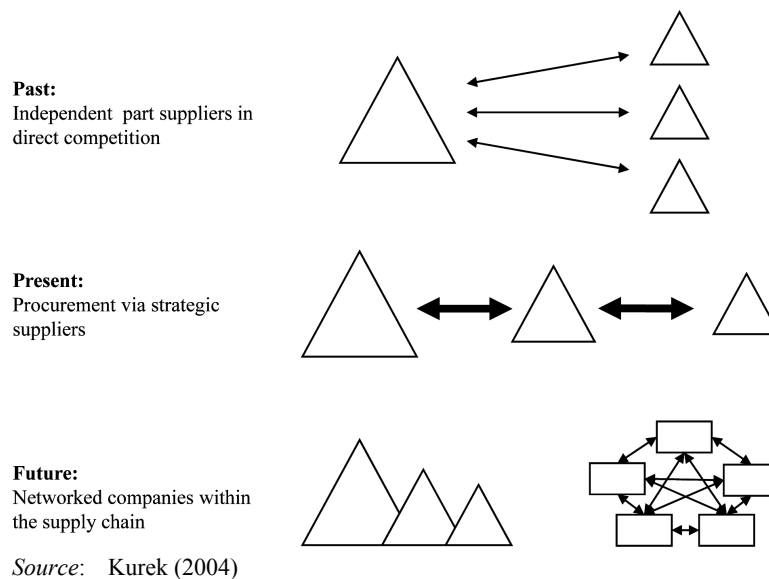
2.2 Innovation management trends and requirements in the automotive industry

The automotive industry is one of the most highly innovation-driven industries (Birchall et al., 2003). This fact applies especially to the German automotive industry. With a total of €19.6 billion, the research and development expenditure undertaken by the German automotive industry in 2010 accounted for more than one-third of the total research and development expenditure of German industry as a whole (VDA, 2011). To enhance its innovative power, the German automotive industry has stepped up its research efforts continuously over the course of the past few years.

The automotive supplier industry prepares more and more the way for new automotive technologies worldwide. Because of automotive suppliers' high involvement and responsibility during the development activities of the OEMs, most of the vehicle parts are engineered and manufactured by the suppliers (Dannenberg, 2008; Dannenberg and Burgard, 2007). The classical approach, to buy parts and components from a variety of suppliers, will be increasingly replaced by purchasing more complex, mostly pre-assembled systems (e.g., front-end systems) from only a few suppliers (so-called single sourcing). Also, against the background of globalisation and because of the ever-growing requirements of OEMs – like, for example, shorter development times and lifecycles of models or the increasing relevance of electronics in vehicles – a further reinforced consolidation process within the supplier industry will take place (Mattes et al., 2004).

In the long term, it has to be assumed that almost the entire vehicle comes from the plants of a very few system suppliers or mega-suppliers, and the brand dominating OEMs assume only the overall project responsibility and coordination. These relationships result in an interdependent manufacturer-supplier-network (Mattes et al., 2004). Consequently, due to the fact that the trend is moving away from components towards complex and self-consistent systems, new supply chains of strategic partners are coming up (Figure 1) (Kurek, 2004).

Figure 1 Changing supply chains in the automotive supplier industry



Because the complex range of activities concerned with the development of system solutions cannot be handled by only one supplier, a network of interconnected supplier companies will act under the leadership of one global system integrator (Mattes et al., 2004). This evolution from the role of independent component suppliers in the past towards defined and networked supply chains of system suppliers encourages the creation of integrated teams. The intensity of interdependencies depends on the fitting core competence and product lifecycle know-how of the partners (Kurek, 2004).

These future trends lead to the assumptions that

- technology leadership in the automotive industry shifts more and more on to the suppliers (Stockmar, 2004)
- the changing structures in the supply chain require that automotive suppliers have to enlarge their knowledge about relationships with their organisational partners, the other so-called stakeholders
- suppliers need to build up system competence, as they are assuming responsibility for self-consistent systems and subsystems rather than individual parts and components
- as system providers, suppliers have to master the complete lifecycles of the systems they are developing.

These four factors demand from both automotive OEMs and suppliers innovations on an organisational level. Current organisations do not support the integration of experts over numerous different domains and hierarchical levels. Luckily, however, there are some examples of modern organisations which are completely focused on innovation by integration, and which confirm their expected huge potential in terms of innovation power. 'La Ruche' in Renault's techno centre in Guyancourt (Bonnafous, 1998) is one of the most outstanding stereotypical examples of this kind in the automotive sector.

3 Integration of stakeholders for sustainable innovation management

3.1 Theoretical background

Since Freeman's landmark book was published in 1984 (Freeman, 1984, 2004), the market stakeholders model found its way into management literature. Following Freeman's book, stakeholders are defined as "any group or individual who can affect or is affected by the achievement of the organisation's objectives".

The stakeholder approach appears increasingly often in the R&D and innovation management context (Elias et al., 2002; Smirnova et al., 2009). The basic idea is that no one group of stakeholders should be responsible for innovations, but all other stakeholders of the corporate environment should be actively involved in the innovation process. As was shown in research on integrated product and system design (Riel et al., 2009), integrating stakeholders of the complete product/system lifecycle throughout the entire product/system development process from the earliest phases on, is the key to creating sustainable innovation. The sustainability aspect is leveraged by the fact that only the integration of different views on the product/system in terms of its functions and its economic, ecologic, and social environment allows identification of the requirements and constraints of the product/system in a holistic manner, and therefore,

they should be taken into account both in the composition of development teams, as well as in the design and architecture of the product/system. The same issue applies to idea generation and assessment, which is part of the earliest upfront phases in the product/system lifecycle.

In literature and often in practice, the innovation process is considered to be a multi-phase linear or iterative process. No consensus exists about the number and the definition of the individual phases (Hauschild, 1997; Thom, 1980; Kleinschmidt et al., 1996; Brem and Voigt, 2007). A very recent and comprehensive framework was developed by Hansen and Birkinshaw (2007), which carries previously released innovation approaches beyond idea realisation to idea capitalisation ('idea diffusion'), and is thus investigating the entire so-called innovation value chain. Hansen and Birkinshaw (2007) recommend viewing innovation as a value chain comprising three phases:

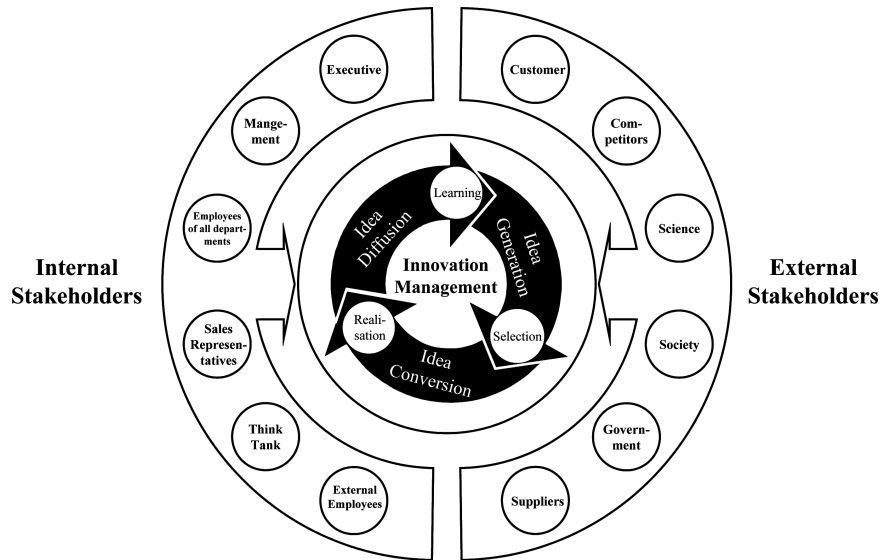
- idea generation
- idea conversion
- idea diffusion.

Six linking tasks are performed across those phases: internal, external, and cross-unit collaboration; idea selection and development; and spread of developed ideas within and outside the company. To measure these six tasks, key indicators are defined. Because "a company's capacity to innovate is only as good as the weakest link in its innovation value chain" (Hansen and Birkinshaw, 2007, pp.125, 126), it is necessary to focus on the right links and avoid weaknesses. Typical scenarios related to this chain-based perception help to formulate practical-oriented improvement recommendations.

In particular, knowledge plays a major role in today's innovation management in the special sector of automotive supplies. An empirical study by Barachini and Rankl (2008) leads to the assumption that knowledge management and innovation management seem to be important for the whole automotive supplier industry. They discovered a strong positive correlation between knowledge management and innovation. Therefore, these two factors strongly depend on each other. They recommend that knowledge and innovation management should be regarded as key investments in the long run.

3.2 Practical consequences

Through the combination of the stakeholder approach with the model of the innovation value chain, a possible innovation management system may occur, which implies an improvement of the status quo. The enrichment of existing linear stage-gate models of innovation management with aspects of interactions, which result in the creation of knowledge and learning, will improve innovation power, because innovation becomes more and more a team-based effort that involves alliances with all internal and external partners (Cooper, 2006; Cleland and Ireland, 2006). This approach is depicted in Figure 2, giving examples of selected stakeholder groups.

Figure 2 Innovation management system based on the integration of stakeholders

It has to be underlined that there is no unique grouping of related stakeholders. However, concepts from social science help in clustering stakeholders, as has been done in the model represented in Figure 2. In integrated design, Mer et al. (1997) propose groups ('worlds') of stakeholders which share

- *Logic of action*: Stakeholders expose and contribute what is essential for them
- *Scale of value*: Means to measure and understand the value contribution
- *Collective knowledge*: Knowledge that is shared among different worlds.

The added value created by the integration of stakeholders has often been ignored in the decision-making process when seeking to improve innovation performance. Hansen and Birkinshaw (2007) found that in diffusion-poor companies, decisions about market launch are made mostly locally and 'Not-Invented-Here thinking' (Katz and Allen, 1982) dominates the decision process. Many decision-makers do not completely understand the potential benefit of the value added by stakeholders. Stakeholders not only affect the survival and development of enterprises, but also determine the activities and effectiveness of the technology innovation of enterprises. Research results indicate that internal and external stakeholders actually affect development and effectiveness of enterprise technology innovation (Scheng and Tao, 2006). At different stages of the innovation process, the mode and degree of effects from stakeholder involvement are different. Stakeholders have different benefit requests and different realisation approaches to the whole innovation management process.

Driven by the key importance of innovation management based on stakeholder integration, the authors have analysed selected stakeholder groups from the point of view of a large German automotive supplier. Their findings are summarised in the following section.

4 Stakeholder analysis for improving innovation management

4.1 General considerations

An analysis of the stakeholders concerning their interests and participations in the innovation process is necessary for innovation projects to gain more validation and significance (Elias et al., 2002; Steiner, 2009). The core questions, which such an analysis should answer, are the following:

- Who are the stakeholders involved in innovation management?
- What are the interests and value systems of the stakeholders?
- What are the stakeholders' roles and how can their influence be rated?
- What kind of transactions and interdependencies exists with and between the stakeholders? Are there any conflicts or critical success factors?
- Which methods and tools have to be found that facilitate the systematic involvement of these stakeholders to obtain sustainable improvement in innovation development?

The following stakeholder analysis is based on the case study of KSPG AG, running a strategic project to improve its existing innovation management through the involvement of the company's stakeholders. Due to their key role concerning innovation management, the case study will focus on the two KSPG AG divisions Pierburg and Pierburg Pump Technology (PPT). A critical analysis of the existing innovation management system at KSPG AG reveals that only a core group of internal stakeholders, mainly employees from the R&D Departments, contribute new ideas, especially in the early phase of idea generation (Neumann et al., 2010). This situation represents the threat of idea stagnation, and endangers the sustainability of the company's innovation and innovation management.

4.2 Internal stakeholders analysis

The definition of internal stakeholders in Figure 2 is the basis for the following stakeholder analysis. In particular, employees are highly cited as sources of ideas (Stasch et al., 1992; Belliveau et al., 2004; Alam, 2003). This confirms the presumption that internal stakeholders have a major impact on the early stage of the innovation process. But the important role of the employees cannot be underestimated throughout the whole innovation process. Innovation development and the commercial success of the company depend on employees' commitment and motivation levels. Parnell and Menefee (2007) show that employees may have different perspectives, based on their positions, that may influence their decision-making. This leads to the assumption that employees in certain positions may be more likely to come up with new product ideas, but other employees, depending on their perspectives and duties within the company, may support idea acceptance and idea realisation.

Regarding the idea generation phase at KSPG AG, submission of ideas is done almost exclusively by R&D employees. Thus, the establishment of an organisational framework that facilitates the involvement of all internal stakeholders in all innovation process stages is the first required step for improvement. Such a framework has to take into

account the particular interests and value understandings of each stakeholder group ('world', cf. Section 3), their desired roles within the organisation in the innovation process, their particular involvements, as well as methods and tools that are adapted to and support their involvement. These considerations have been done at KSPG AG for the stakeholder groups shown in Figure 2; the results are summarised in Table 1.

Table 1 Overview of internal stakeholders' participation in the innovation management system

<i>Internal stakeholder group</i>	<i>Interests/values</i>	<i>Roles</i>	<i>Involvement</i>	<i>Methods/tools</i>
Executive	• Strategic objectives • Business success • Leadership • Corporate culture	• Decision-making • Providing resources • Definition of core competencies	• Important involvement in idea conversion phase • Operational direction	• Decision-making body • Technology Roadmap • Scenario techniques
Management	• Strategic and operational objectives • Commercial success • Methodical thinking	• Supporting the idea generation • Evaluation, selection and controlling of innovations • Assessment of innovation performance • Coordination	• Involvement in idea generation and idea conversion phase • Motivation of employees • Assignment of key roles • Implementation of strategic objectives	• Review meetings • Market analyses • Information exchange • Knowledge management
Employees of all departments	• Operational and functional objectives • Functional and technical know-how • Task-related abilities	• Idea contributors • Evaluation of ideas as experts • Collection of information and ideas from external stakeholders, like customer or supplier • Implementation of ideas • Idea acceptance support	• Involvement in all innovation process phases • Development and realisation of innovations	• Idea generation activities and processes • Idea and/or innovation database • Idea management or corporate improvement suggestion system • Continuous improvement process • Inventions

Table 1 Overview of internal stakeholders' participation in the innovation management system (continued)

<i>Internal stakeholder group</i>	<i>Interests/values</i>	<i>Roles</i>	<i>Involvement</i>	<i>Methods/tools</i>
Sales representatives	• Customer focus • Market knowledge • Organisational know-how • Networking	• Door opener • Contributing customer needs, ideas and insights	• Involvement in all innovation process phases • Commercialisation of innovations through the diffusion of ideas	• Customer meetings, workshops and seminars • Customer relationship management systems
Think tank	• Problem focus • Very specialised know-how • Scientific knowledge	• Idea contributors • Evaluation of ideas as experts • Special task forces	• Involvement in idea generation and idea conversion phase • Interdisciplinary teamwork	• Creative techniques • Inventor circles • Outcome based innovations
External employees	• Project objectives • Task focus • Output oriented	• Idea contributors • Stimulus from outside • Outside view	• Involvement in all innovation process phases • Temporary restricted relationship	• Idea generation activities and processes • Consulting meetings

As these results take into account the three social principles evoked in Section 3 for each stakeholder group, they should be applicable to several different industrial organisations.

4.3 External stakeholders analysis

To support new product development and to accomplish the goal of sustainable innovation management, the innovation process should not only be based on well-known internal stakeholders but should also be expanded to external stakeholders. It is a major mistake to think ideas can only come from inside the company. This error has been termed the Not-Invented-Here (NIH) syndrome, where companies reject ideas generated outside their walls because they think those ideas are inferior to their own (Katz and Allen, 1982).

Involving external stakeholders in company-wide innovation management is also the core characteristic of Open Innovation strategies, which were originally coined by Chesbrough (2003). Both external and internal ideas are used to create value, and internal mechanisms are defined to claim some portion of that value. Open Innovation assumes that internal ideas can also be taken to market through external channels, outside the current businesses of the firm, to generate additional value. Ideas can also start outside the firm's own labs and can move inside. Open Innovation allows the recovery of

overlooked innovations, which increases the chances that projects will find value in a new market or be combined with other projects. It is thus essential to build up a fundamental understanding in the company for the utilisation of these external stakeholders and the accompanying advantages of this new concept of innovation management, which avoids internal restrictions.

Several industries, among which the automotive industry, are only at the transition from classical so-called 'closed' innovation to open innovation. The multitude and variety of external stakeholder groups potentially involved in this movement is extremely large, very much driven and supported by increasingly powerful and pervasive networking facilities. The external stakeholder groups shown in Figure 2 are thus only some particular focus groups, for whom Table 2 attempts to identify some key characteristics of involvement in innovation management.

The systematic involvement of as many as possible stakeholders of the product lifecycle in the current innovation management system has huge potential, but demands at the same time a very clear understanding of the stakeholders. Ili et al. (2010) show in their study that Open Innovation is already appropriate for the automotive industry, and that it will be a crucial factor in the next 10 years.

Table 2 Overview of the external stakeholders' participation in the innovation management system

<i>External stakeholder group</i>	<i>Interests/values</i>	<i>Role</i>	<i>Involvement</i>	<i>Methods/tools</i>
Customers	• Fulfilment of needs • Additional benefits • Low price, high value	• Idea contributors • Defines development-related functional requirements and contract specifications • Providing financial resources	• Very important involvement in all innovation phases • Key idea contributors • Acceptance of innovations • Idea diffusion	• Lead user innovation (Von Hippel et al., 1999; Thomke and Von Hippel, 2002)
Competitors	• Strategic objectives like Pioneer, Fast Follower or 'Me-Too' • Commercial success • Defending and improvement of own market position	• Motivation for development changes and innovations • Re-alignment of strategic objectives • Driver for strategic alliances	• Involvement in all innovation process phases • Influence of overall innovation strategy • Compete with best-in-class to leverage learning and excellence	• Direct talks • Competitive intelligence (Michaeli, 2006) • Joint Ventures

Table 2 Overview of the external stakeholders' participation in the innovation management system (continued)

<i>External stakeholder group</i>	<i>Interests/values</i>	<i>Role</i>	<i>Involvement</i>	<i>Methods/tools</i>
Science	• Basic research • Methodical thinking • Expert know-how • Conceptual groundwork	• Idea contributor • Evaluation of ideas as an expert • Trend prediction	• Important involvement in idea generation and idea conversion phase • Supporting innovation plans • Testing of innovations	• Knowledge management • Sponsoring of university chairs • Master and PhD thesis projects • Conferences • Scanning new technology releases, like PhD theses or other publications • Science-industry cooperation
Society	• Socio-cultural environment • Definition of visions and values • Networking • Lobbying	• Visionaries • Indicator for market trends • Contributing overall needs and environmental insights • Evaluation of ideas as an expert	• Involvement in all innovation process phases • Promotion of innovations • Influence of the sustainability of innovations	• Knowledge mining techniques (Asakiewicz, 2008) • Working groups • Contact with opinion leaders and reference groups • Publications from industry associations • Monitoring media, especially internet research or patent research
Government	• Prosperous economy • Legal-political framework • Regulatory authority • Administration	• Governs development-related regulatory requirements • Funding innovation projects	• Involvement in all innovation process phases • Regulate and control innovations	• Scanning new technology regulations • Attendance in national and international fund programs for innovations
Suppliers	• Long-term relationship and cooperation • Business success • Information exchange • Expert know-how in their field of activity	• Idea contributors • Determine the realisation of innovation through materials, equipment etc. • Consulting • Problem solver during realisation	• Involvement in all innovation phase • Implementing innovation	• Meetings and direct talks • Contract negotiations • Usage of provides information services

5 Towards an innovation management system based on stakeholder integration

5.1 Ways of stakeholder integration

Although the gains are very difficult to quantify and generalise, the move towards stakeholder integration-based innovation management processes and organisations has become a must also for automotive suppliers. The automotive industry, however, with its enormous development costs, lengthy product cycles and fierce global competition, is a traditionally much closed industry, with only very limited sharing of information and technology. During the current economic crisis, especially, with a significant slump in demand and gyrating fuel prices, car manufacturers have become aware of the need to fundamentally rethink the way they do business, both with end customers and suppliers. Resources are limited, costs must be contained, and all the time, customers still desire new, cutting-edge products.

For automotive suppliers, this trend implies that they are increasingly supposed to predict and influence trends and innovations themselves, rather than being driven by OEMs. Integrating internal and external stakeholders in this activity necessarily creates networks of people, companies, and other different kinds of organisations. Several different kinds of initiatives are typical in such networks, such as:

- contracting specialists
- joint ventures with other companies
- co-developing products with suppliers
- subcontracting services
- licensing technology
- alliances with universities and research institutes
- participating in broad networks to coordinate innovation
- involving existing and future customers in idea and feedback networks
- trend identification from semantic analysis of social and knowledge networks.

The management and coordination of such networks requires specific competencies, which are not relevant in closed innovation organisations. Moreover, new metrics have to be found which allow the performance of such innovation networks in terms of several criteria. This is a very important subject of research in management and economy. An exhaustive overview of the state of the art is given by Rampersad (2010).

There are, however, some intuitive indicators that help in choosing the right strategy and tools to integrate specific groups of stakeholders in the innovation management process. It is evident, for example, that the integration of certain internal stakeholder groups almost requires the positioning of innovation management towards certain external stakeholders to work effectively, e.g.:

- Executives need government and society to build their innovation strategies.
- Management can capitalise on direct contacts with customers, competitors, and suppliers to contribute to innovation management.

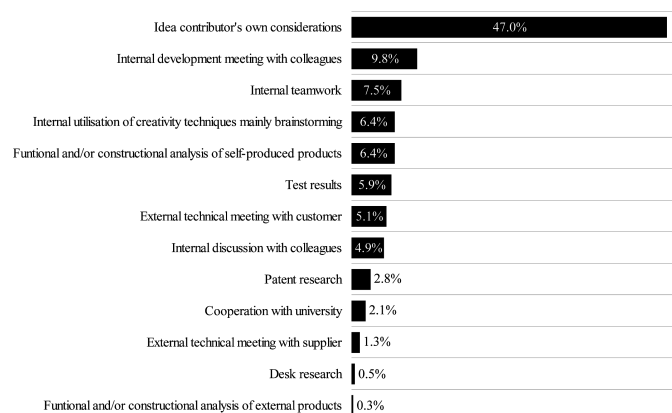
- Sales representatives can contribute the Voice of the Customer (VoC) to innovation management, identify lead customers, undertake special initiatives to find out about customer satisfaction, wishes, preferences for competitors, etc.
- Think tanks are inherently linked with scientific communities. They should capitalise on all means that support excellence in result-oriented research, among those scientific social networks. They have also a key stake in integrating in their research from the very early phases the consideration that results have to be turned into innovations that can be capitalised at different OEMs and end customers.

For each of these relationships, there has to be dedicated consideration of the process, i.e., the people, methods and tools, which not only enable them, but also motivate the affected stakeholders to contribute with a positive, constructive and fair attitude. The authors believe that such processes are not universally applicable. However, they assume that by careful analysis of the current situation of individual stakeholder groups, their logics of action, their scales of value, and their shared knowledge, it should be possible to identify ‘patterns’ that can be adapted to a particular context of a given organisations. This is exactly the subject of the authors’ current research.

5.2 Practical implementation case

At KSPG AG, the introduction of a company-wide accessible innovation support system based on an idea database is the first strategic step in the direction of involving a broad group of employees in innovation management. This system aims to exploit the organisation’s idea generation potential in particular (Neumann et al., 2011). A critical analysis at Pierburg and PPT of 389 ideas, which have led to patents and product innovations, reveals that most of the ideas came up through the idea contributor’s own consideration. Another main origin of ideas is internal exchange with colleagues, during internal development meetings, teamwork, internal brainstorming sessions or discussions. Tests of existing self-produced or external products and the analysis of current market requirements and future trends help to generate ideas in nearly 16% of the cases. Figure 3 summarises the results of the analysis.

Figure 3 Origins of ideas ($n = 389$ patent applications at Pierburg and PPT)



Very important for the implementation of Open Innovation in the existing system is the fact that only 8.5% of the ideas occur through the involvement of external stakeholders. The most influential external stakeholders are customers, universities and suppliers. Several organisational measures will have to be adopted to capitalise on this system and to exploit its potential.

6 Conclusion and outlook

This paper attempts to establish the basis of an innovation management system for sustainable innovation in the automotive supplier industry. Departing from the need to build up system competence along the complete life cycle of products, services, and systems in this industry, it identifies the systematic integration of as many stakeholders as possible in the innovation management process as the main key to sustainability. With this aim, it proposes to distinguish between stakeholders who are internal to the company's organisation, and those who are external. It argues that both internal and external stakeholders have complementary roles, and share interests in the company's innovations. To motivate them to contribute to innovation management effectively, very well thought-out tools and methods have to be designed and introduced. To facilitate this activity, the authors propose to consider groups ('worlds') of stakeholders who act according to the same logic of action, share common scales of value, and share knowledge about the company's products and systems. As this grouping is not unique, the authors propose a grouping of quite universal applicability, and analyse them in terms of their interests, their values, their potential roles in the innovation process, their involvements, as well as methods and tools that facilitate their integration in the innovation management process. Finally they point out their consideration that despite the intuitive evidence of the importance of integrating different stakeholders in the innovation management process, important elements for the establishment of a complete innovation management system that can be adopted by automotive suppliers and other comparable industries are still missing. Quantitative innovation performance indicators, tools, rewarding schemes, and organisation guidelines are among those elements, which require further research and practical investigations.

References

- Alam, I. (2003) 'Commercial innovations from consulting engineering firms: an empirical exploration of a novel source of new product ideas', *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 20, No. 4, pp.300–313.
- Asakiewicz, C. (2008) *Knowledge Mining – The Quantitative Synthesis and Visualization of Research Results and Findings*, VDM Verlag Dr. Müller, Saarbrücken.
- Barachini, F. and Rankl, S. (2008) 'The relevance of knowledge- and innovation management for the European automotive supply industry: a case study', *Knowledge Management – Competencies and Professionalism, Series on Innovation and Knowledge Management*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, Vol. 7, pp.159–169.
- Belliveau, P., Griffin, A. and Somermeyer, S.M. (Eds.) (2004) *The PDMA ToolBook 2 for New Product Development*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ.

- Birchall, D.W., Chananon, J.-J. and Tovstiga, G. (2003) 'Knowledge sourcing and assimilation – innovation in the automotive industry', in Dankbaar, B. (Ed.): *Innovation Management in the Knowledge Economy, Series on Technology Management*, Vol. 7, Imperial College Press, London, pp.167–184.
- Bonnafous, G. (1998) *Le Technocentre Renault*, Hazan, Paris.
- Brem, A. and Voigt, K.-I. (2007) 'Innovation management in emerging technology ventures – the concept of an integrated idea management', *Int. J. Technology, Policy and Management*, Vol. 7, No. 3, pp.304–321.
- Chesbrough, H. (2003) *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business School Press, Boston.
- Cleland, D.I. and Ireland, L.R. (2007) *Strategic Design and Implementation*, 5th ed., Project Management, McGraw-Hill, New York.
- Cooper, R.G. (2006) *The Seven Principles of the Latest Stage-Gate® Method Add Up to a Streamlined, New-Product Idea-To-Launch Process*, Published by Product Development Institute, Ancaster, Ontario Canada, http://www.stage-gate.net/downloads/working_papers/wp_23.pdf
- Dannenberg, J. (2008) Große Chance für Zulieferer. Interviewed by Tina Rumpelt, *Automobil Produktion, Sonderausgabe: Innovationen in der Automobilindustrie*, May, pp.18, 19.
- Dannenberg, J. and Burgard, J. (2007) *Car Innovation 2015 – A Comprehensive Study on Innovation in the Automotive Industry*, published by Oliver Wyman Automotive, Munich, Germany, http://www.car-innovation.com/pdf/studie_car_innovation_2015.pdf
- Diller, H. (Ed.) (1994) *Vahlen's Großes Marketing Lexikon*, DTV, München.
- Elias, A.A., Cavana, R.Y. and Jackson, L.S. (2002) 'Stakeholder analysis for R&D project management', *R&D Management*, Vol. 32, No. 4, pp.301–310.
- Freeman, R.E. (1984) *Strategic Management: A Stakeholder Approach*, Pitman, Boston, MA.
- Freeman, R.E. (2004) The stakeholder approach revisited, *zeitschrift für wirtschafts- und unternehmensethik (zfwu)*, Jahrgang 5, Heft 3, pp.228–241.
- Hall, J. and Vredenburg, H. (2003) 'The challenges of innovating for sustainable development', *MIT Sloan Management Review*, Vol. 45, No. 1, pp.61–68.
- Hansen, M.T. and Birkinshaw, J. (2007) 'The innovation value chain', *Harvard Business Review*, Vol. 85, No. 6, pp.121–130.
- Hauschild, J. (1997) *Innovations Management*, 2nd ed., Vahlen, München.
- Ili, S., Albers, A. and Miller, S. (2010) 'Open innovation in the automotive industry', *R&D Management*, Vol. 40, No. 3, pp.246–255.
- Katz, R. and Allen, T.J. (1982) 'Investigating the Not Invented Here (NIH) syndrome: a look at the performance, tenure, and communication patterns of 50 R&D project groups', *R&D Management*, Vol. 12, No. 1, pp.7–12.
- Kleinschmidt, E., Geschka, H. and Cooper, R.G. (1996) *Erfolgsfaktor Markt. Kundenorientierte Produktinnovation*, Springer, Heidelberg.
- Kurek, R. (2004) *Erfolgsstrategien für Automobilzulieferer – Wirksames Management in einem dynamischen Umfeld*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Mattes, B., Meffert, H., Landwehr, R. and Koers, M. (2004) 'Trends in der Automobilindustrie: Paradigmenwechsel in der Zusammenarbeit zwischen Zulieferer, Hersteller und Händler', in Ebel, B., Hofer, M. and Al-Sibai, J. (Eds.): *Automotive Management – Strategie und Marketing in der Automobilwirtschaft*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp.13–38.
- Mer, S., Jeantet, A. and Tichkiewitch, S. (1997) *La génie industriel dans un monde sans frontières*, 2ème congrès international franco-québécois, 3–5 September, Albi, France.
- Michaeli, R. (2006) *Competitive Intelligence – Strategische Wettbewerbsvorteile erzielen durch systematische Konkurrenz-, Markt- und Technologieanalysen*, Springer, Berlin, Heidelberg.

- Neumann, M., Riel, A. and Brissaud, D. (2010) 'Innovation management system for the automotive supplier industry to drive idea generation and product innovation', *Proceedings of the 17th EuroSPI Conference*, Grenoble, France, Vol. 17, pp.7.13–7.24.
- Neumann, M., Riel, A. and Brissaud, D. (2011) 'Improvement of idea generation by capitalisation on internal and external stakeholders', *Proceedings of the 18th EuroSPI Conference*, Roskilde, Denmark, Vol. 18, pp.3.25–3.33.
- Parnell, J.A. and Menefee, M.L. (2007) 'The view changes at the top: resolving differences in managerial perspectives on strategy', *SAM Advanced Management Journal*, Vol. 72, No. 2, pp.4–14.
- Pleschka, F. and Sabisch, H. (1996) *Innovations Management*, Schäffer-Poeschel, Stuttgart.
- Rampersad, G. (2010) 'Managing innovation networks: exploratory evidence from ICT, biotechnology and nanotechnology networks', *Industrial Marketing Management*, Vol. 39, No. 5, pp.793–805.
- Riel, A., Tichkiewitch, S. and Messnarz, R. (2009) 'Integrated engineering skills for improving the system competence level', *Software Process Improvement and Practice (SPIP)*, Vol. 14, November/December, pp.325–335.
- Scheng, Y. and Tao, R. (2006) 'The influence of stakeholders on technology innovation: a case study from China', *Management of Innovation and Technology, IEEE International Conference*, 21–23 June, Singapore, China, pp.295–299.
- Smirnova, M.M., Podmetina, D., Väättänen, J. and Kouchtch, S.P. (2009) 'Key stakeholder's interaction as a factor of product innovation: the case of Russia', *Int. J. Technology Marketing*, Vol. 4, Nos. 2–3, pp.230–247.
- Stasch, S.F., Lonsdale, R.T. and LaVenka, N.M. (1992) 'Developing a framework for sources of new product ideas', *Journal of Consumer Marketing*, Vol. 9, No. 2, pp.5–15.
- Steiner, G. (2009) 'The concept of open creativity: collaborative creative problem solving for innovation generation – a systems approach', *Journal of Business and Management*, Vol. 15, No. 1, pp.5–34.
- Stockmar, J. (2004) 'Erfolgsfaktoren für Automobilzulieferer – Strategien für 2010', in Ebel, B., Hofer, M. and Al-Sibai, J. (Eds.): *Automotive Management – Strategie und Marketing in der Automobilwirtschaft*, Springer, Berlin Heidelberg, pp.13–38.
- Stockmeyer, B. (2001) *Ansatzpunkte und Methoden zur Effizienzsteigerung im Innovationsmanagement der Ernährungsindustrie*, PhD Thesis, Technische Universität München, Germany.
- Thom, N. (1980) *Grundlagen des betrieblichen Innovationsmanagements*, 2nd ed., Peter Hanstein Verlag, Königstein/Taunus.
- Thomke, S. and Von Hippel, E. (2002) 'Customers as innovators: a new way to create value', *Harvard Business Review*, Vol. 80, No. 4, pp.74–81.
- VDA (German Association of the Automotive Industry) (2011) *The Economic Situation of the Automotive Industry in 2010*, Berlin.
- Von Hippel, E., Thomke, S. and Sonnack, M. (1999) 'Creating breakthroughs at 3M', *Harvard Business Review*, Vol. 77, No. 5, pp.47–57.

IT-supported innovation management in the automotive supplier industry to drive idea generation and leverage innovation

Martin Neumann¹, Andreas Riel^{2,*†} and Daniel Brissaud²

¹Kolbenschmidt Pierburg AG, 41460 Neuss, Germany

²Grenoble-INP, G-SCOP UMR5272, Grenoble F-38031, France

SUMMARY

Innovative product development is highly dependent on new product ideas and product information. This especially applies to companies that obtain their competitive advantages by technological lead like the automotive supplier industry. Innovation management in these industries has to focus on an efficient idea generation, implementation and capitalisation, and on technology tracking. This paper gives an insight into the industry-sector-specific characteristics of innovation management within the automotive supplier industry, and outlines a basic scheme of an innovation management system that aims at improving the existing innovation management at the automotive supplier Kolbenschmidt Pierburg AG. Copyright © 2011 John Wiley & Sons, Ltd.

Received 18 July 2011; Accepted 18 July 2011

KEY WORDS: innovation management; automotive supplier industry; idea generation; knowledge management; knowledge mining; stakeholder model

1. INTRODUCTION

Innovations are the global motor for economic growth and represent at the same time the key factor for increasing competitiveness. Within the R&D-driven and innovation-driven environment of automotive suppliers the capacity of innovation and the performance of activities have become a major challenge for the success of companies. In 2015, global automotive suppliers and engineering firms will invest approximately €65bn in R&D. This sum is far more than twice as much as the original equipment manufacturers' (OEMs') budgets [1]. Therefore, a lot of engineering jobs will be generated by automotive suppliers in the future — globally a total of about 250,000 jobs until 2015 [1].

It is all the more important that innovation management in the field of automotive suppliers must cope with the increasingly complex market conditions. Because of its comprehensive and profound interactions with other corporate divisions and the business environment, innovation management has to be open for other scientific disciplines, like for instance knowledge mining [2], to find ways to ensure the generation of new ideas.

This paper highlights the particular role of innovation management to drive idea generation and product development. Section 2 focuses on the general conditions and sector specifics of innovation management in the automotive supplier industry — both theoretically and practically. Section 3 discusses the current situation of innovation management at Kolbenschmidt Pierburg AG (KSPG) and introduces two kinds of approaches to improve the existing system: first of all the enlargement of idea sources by taking into account input from external market stakeholders rather than only internal

*Correspondence to: Andreas Riel, G-SCOP Laboratory, Grenoble Institute of Technology, Grenoble, France.

†E-mail: andreas.riel@grenoble-inp.fr

idea contributors; second, the application of knowledge management, in particular knowledge mining techniques. This paper is closed in Section 4 with a conclusion and an outlook of further research.

2. INNOVATION MANAGEMENT IN THE AUTOMOTIVE SUPPLIER INDUSTRY

2.1. *General conditions and sector specifics*

The automotive industry is one of the most highly innovation-driven industries [3]. With a total of €19.6bn, the R&D expenditure undertaken by the German automotive industry accounted in 2010 for more than one-third of the total R&D expenditure of the German industry [4]. The German automotive industry has stepped up its research efforts continuously in the course of the past few years to enhance its innovative power. For example the German automotive industry filed 10 patents per diem in 2010. Given this research intensity, the German automotive industry can claim to be at the forefront of patent statistics [5].

Particularly, the automotive supplier industry prepares more and more the way for new automotive technologies worldwide. Because of the automotive suppliers' high involvement and responsibility during the development activities of the OEMs, most of the vehicle parts are engineered and manufactured by the suppliers. The study entitled 'Car Innovation 2015' that has been published by the management consultancy Oliver Wyman (formerly Mercer Management Consulting) identifies that in 2015 the global automotive suppliers and engineering firms will invest approximately €65bn in R&D — far more than twice as much as the OEMs [1]. This outsourcing of innovation activity to automotive suppliers has the consequence that these suppliers apply increasingly independent patents to keep their own innovations exclusive. Thus, the large automotive suppliers focus their research on the same areas like the OEMs, particularly to gain new knowledge and the strategically strong patents. Only very innovative suppliers succeed in the development and maintenance of their patent portfolio to strengthen their negotiation position versus the OEMs [6].

To understand innovation management in the automotive industry and based on its findings from the above mentioned study, the management consultancy Oliver Wyman defined a system called 'Innovation Strategy Framework' (ISF), which takes the following success factors of innovation management into account: a clear innovation strategy that is closely connected to the company's overall business model, the right team that has the culture to put the strategy to work, an organisation that can effectively and efficiently steer the necessary innovation process and an intelligent business case that enables innovations to be turned into tangible profit [7]. The ISF consists of four elements:

1. Innovation proposition: description of the major benefit and target segment of the innovation and also the primary innovation guideline of the company.
2. Organisation and culture: explanations of the innovation process, R&D capacities and facilities structure.
3. Competence focus and collaboration: composition and evaluation of the internal and external competencies and collaborations.
4. Business case: definition of the underlying revenue model for the innovation and the protection of the innovation against exploitation from competitors.

By using the ISF, six innovator archetypes have been identified for OEMs and six for suppliers. Each describes a typical ISF profile in which the different elements fit together to form a coherent system. Many companies follow two or more innovation strategies at the same time — suppliers with different product ranges and OEMs with different brands. In addition, innovation archetypes are not static role models, but evolve with time [7]. Table I shows conclusively the archetypes of innovation management for automotive suppliers.

The classical approach, to buy parts and components from a variety of suppliers will be increasingly replaced by purchasing more complex, mostly preassembled systems (e.g. front-end systems) from only a few suppliers (so-called single sourcing). Also, against the background of globalisation and because of the ever-growing requirements of the OEMs — like, for example, shorter development

Table I. Archetypes of innovation management for automotive suppliers [7].

Innovation archetype	Innovation proposition	Focus and collaboration	Business case
Radical innovator	Replaces old systems or establishes new ones	Specialised focus Keeps know-how in-house	Price premium Strong IP protection
Functional enricher	Brings new functions to the market OEM and end customer focus	Functional integration focus Keeps know-how in-house	Price premium Strong IP protection
System connector	Functional process or product optimisation End customer focus	Expansion into new systems via coop networks Open interfaces	Price premium or low-cost Fairly weak IP protection
Process champion	Incremental process innovation to serve broader markets Adapts to customers	Process focus Open to coops	Low costs in mature techs Weak IP protection
Niche performer	Product or process innovator serving niche markets End customer focus	Very specialised know-how Selective coops	Price premium Varying IP protection
Module shaper	Focus on module design and processes Defines modules anew	Unique know-how combination Coop with OEM/system connector	Value capture from OEM Cost reduction for modules

IP, intellectual property.

times and life cycles of the models or the increasing relevance of electronics in vehicles — a further reinforced consolidation process within the supplier industry will take place [8].

The new forms of e-commerce in the business-to-business (B2B) sector and the extended EDI standards (Electronic Data Interchange) — made possible by Internet technology — expedite the reorientation, which started in the mid-1990s, of the value-added chain. The use of e-commerce is pushed by the automotive manufacturers to obtain savings in time during the product development and implementation of the contract and gain further cost reductions. In recent times, so-called B2B platforms were established. These B2B platforms offer several companies virtual market places where the relations to suppliers can be organised online [8].

By consistent realisation both automotive manufacturers and companies of the supplier industry can benefit from system procurement: manufacturers profit by high-quality and innovative products to lower costs, suppliers profit by increased order quantities, more stable business relationship and higher competitiveness. However, through this the dependency of the automotive manufacturers on their suppliers can grow at the same time — and vice versa. Meanwhile, this degree of dependency achieved a historical value with manufacturing depths from only 30 to 35%. An efficient system extent and thus purchasing volume cannot be generally defined in this situation and depends on both sides: on the procurement strategy and the manufacturing conditions of the automotive manufacturer and on the availability of competent suppliers [8].

In the long term, it has to be assumed that almost the complete vehicle comes from the plants of some few system suppliers and/or mega-suppliers, and the brand dominating OEMs assume only the overall project responsibility and coordination.

Because this complex range of activities cannot be handled by only one supplier, a network of interconnected supplier companies will act under the leadership of one global system integrator. Because of the fact that many suppliers sell their parts, components and systems to other different manufacturers, these relationships result in an interdependent manufacturer-supplier-network [8].

Innovations of the suppliers rank today among the most important characteristics that differentiate an automotive manufacturer from its competition. Also, these innovations must be generated to a

considerable part by the suppliers. Through the generation of innovative ideas, the predevelopment of new material, process and product technologies, the technology leadership shifts more and more on the suppliers which, however, requires also extensive personnel and financial resources [9].

2.2. *Considerations for practical implementation*

Product innovations are mainly successful if they are systematically prepared, realised and implemented and they do not happen as a result of pure chance [10, 11]. For that purpose it is necessary to create appropriate basic conditions for the innovation activities and to plan, manage and control individual innovation projects in coordination with other innovation activities [12]. These tasks are summarised under the term innovation management.

Numerous publications discuss from abstract–theoretical perspective the use of supporting instruments

- for the establishment of an adequate business environment,
- for the accomplishment of planning and managing complex and interdependent subprocesses,
- to increase efficiency, and
- to control and decrease risks

in connection with innovation processes [12]. From an entrepreneurial point of view, the methods and instruments offered in the literature can only be used in limited ways because of the missing consideration of (company-) specific characteristics [13]. In this context Cooper and Kleinschmidt [14] stated: ‘...what the literature prescribes and what most firms do are miles apart when it comes to the new product process’.

In view of the all-encompassing definition of innovation management, this discrepancy between theory and practice is understandable. Also, the study of Oliver Wyman illustrated in Section 2.1 shows that various different and sometimes deviating innovation management strategies exist in particular in the automotive supplier industry. These different systems are legitimate because of the novelty and the variety of innovations. Thus, innovation management is forced to be defined and adjusted consistently anew. The inevitable question arises to which extent innovation management can be realised in practice within the sector of the automotive supplier industry. However, the organisation of innovation management is exceedingly difficult if the product development systems are already well-established within a company. Therefore, innovation management has to concentrate on its central function, which has its origin in the process character of innovation and is contained in most definitions of innovation management and finally makes innovation management so unique in relation to other management tasks: the generation of ideas.

The main focus of idea generation is on the systematic development and collection of ideas and problem solutions for new or improved products [15]. In the course of the idea generation the extraction of knowledge is essential. Therefore, innovation management has to deal with the procurement, storage and utilisation of new technological knowledge — similar to the discipline of technology management [15]. Thus, it is used for the protection of a company’s technological competitiveness. Innovation management also has to establish the basic conditions that the appropriate technologies are provided for concrete development tasks.

3. INNOVATION MANAGEMENT AT KOLBENSCHMIDT PIERBURG AG

The following example describes the current situation of innovation management at the automotive supplier named Kolbenschmidt Pierburg AG, more specifically of its division Pierburg. On the basis of this adumbrated as-is analysis, a basic structure to improve the existing innovation management will be introduced.

3.1. *Description of the current situation*

3.1.1. Organisation. Kolbenschmidt Pierburg AG is the parent company of Rheinmetall’s automotive sector. As a global and successful first-tier supplier to the automotive industry, KSPG, because of its vast capabilities, commands foremost positions in the product and component

segments air supply, emission control and pumps and in the development, manufacture and aftermarket supply of pistons, engine blocks and plain bearings.

Product engineering and development are conducted in close liaison with the leading car assemblers. Low emissions, reduced fuel consumption, upgraded performance, reliability, quality and safety are forces that drive innovation at KSPG.

In line with its strategic focus, the Group has six autonomous divisions:

- KS Kolbenschmidt
- Pierburg
- Pierburg Pump Technology
- KS Aluminium-Technologie
- KS Gleitlager
- Motor Service

With its systems and modules ‘for every aspect of the engine’, KSPG generated sales of around €1,982m in 2010. At its production locations in Europe, North and South America plus China, the Group employs a workforce of around 10,816.

Pierburg offers nowadays emission systems, commercial diesel systems, actuators and solenoid valves and was founded in 1909 as a steel trader in Berlin. In 1928, Pierburg began with the production of carburettors and very soon evolved as a sole supplier to all German automakers and many international motor vehicle producers and engine manufacturers. In 1986, Pierburg was taken over by the Rheinmetall Group and in 1998 merged with Kolbenschmidt to form Kolbenschmidt Pierburg AG.

Kolbenschmidt Pierburg AG wants to use Pierburg’s and its other divisions’ experience with innovation management to develop one group-wide innovation management system on the basis of the existing methods within the group. The following sections are dedicated to Pierburg’s innovation management.

3.1.2. Existing innovation process at Pierburg. Innovation management at Pierburg was established in 2006 by the advanced development department and describes its overall innovation process by the so-called funnel model [16, 17]. The basis is an organisational framework that promotes the creation of ideas and the possibility to collect them. The model starts with the monitoring of the market and/or the search field to identify problems or interesting product trends. The monitoring phase of the innovation process attempts the gathering of information to discover market and/or technology trends and to understand the competitive environment. As soon as the process of idea generation based on the findings of the monitoring has finished, the collected ideas have to be selected and evaluated according to technical and economical criteria. Successful and promising ideas have to be handed over to the advanced engineering for the elaboration of a concept. The feasibility of this concept has to be proofed before its implementation can be initiated. The final result is a new product.

In the process of creating an environment for the promotion of innovations, the next step is the integration of the new innovation management into the existing system. At Pierburg the advanced development process was clearly defined. Before the establishment of innovation management, the generation of ideas was much unstructured. No continuous process was available. Innovation management guarantees an organisation of this unstructured pool of ideas and a constant collection of all relevant ideas. It is now the ‘upstream process stage’ to the advanced development process and is responsible for the collection, examination, evaluation and the selection of product ideas — mainly inventions and technical product ideas — to feed the advanced development engineering department with new promising ideas (Figure 1).

3.1.3. Innovation management IT-support. The central tool of innovation management at Pierburg is the Innovation Database. The Innovation Database is available via intranet for all Pierburg employees and supports innovation management at the collection, evaluation and selection of inventions and technical product ideas. The ideas and inventions collected in the Innovation Database are IT-technically secured, and thus protected against access by external, not company-associated, persons. The standardised process cycle of the Innovation Database ensures a simplification and a shortening of the operational workflow.

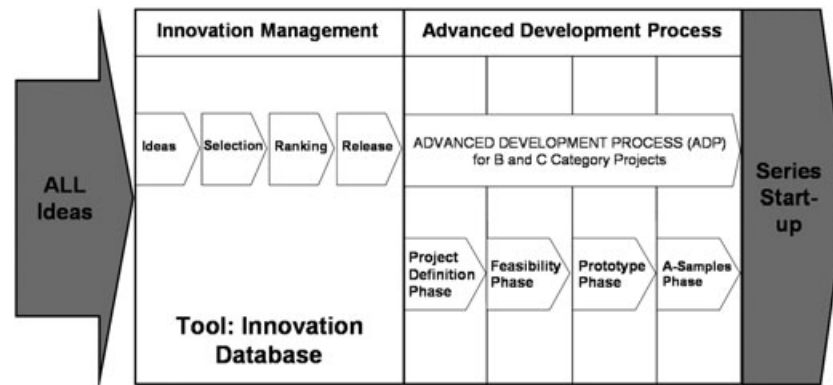


Figure 1. Integration of innovation management into the existing system at Pierburg.

The process cycle of the Innovation Database (Figure 2) can be described as follows: Idea contributors now have a user-friendly possibility to enter their ideas by using the Innovation Database via intranet. The idea contributor has to classify his or her idea as invention or technical product idea. The technical aspect of the innovation is important and thus represents a first stop criterion. After the idea has been submitted by the contributor, the Innovation Manager makes a preselection in coordination with the advanced development department and patent attorneys. In case of inventions a further preselection by patent attorneys filters innovations without prospect on success at an early stage. Ideas passing the preselection successfully will be assessed by a team of nominated experts. The evaluation criteria of the experts are: technology, patents and strategy, substitution, customer needs and product life cycle, market, sales, investment and budget, start of production, resources. A ranking of the ideas and inventions is made on the basis of the experts' evaluations in cooperation with the advanced development department. The next two steps 'Preliminary decision' and 'Decision-making' terminate the process and describe the transfer of the idea to the different development departments.

3.1.4. Weaknesses of the existing innovation management. Innovation management at Pierburg is mainly dominated by the Innovation Database and the organisation of inventions and patent applications. A critical analysis of the existing innovation management system at Pierburg reveals

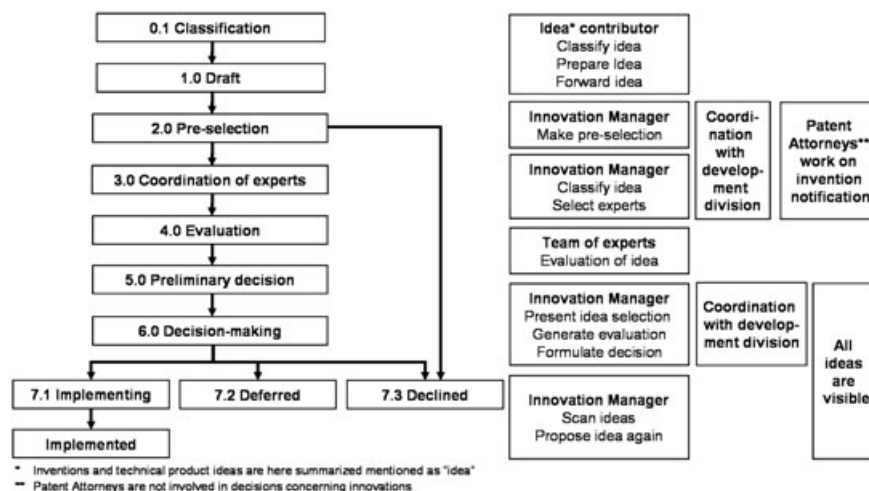


Figure 2. The process cycle of the Innovation Database at Pierburg.

that currently the idea generation lives from a core group of Pierburg employees as idea contributors. By using only ideas and information from well-known sources within the company there could be a threat of stagnation.

A central innovation management system at KSPG will have to improve the following aspects:

1. The generation of new ideas,
2. The enhancement of the analysis of ideas, and
3. The implementation of an industrial organisation which supports innovation within a standardised advanced development process.

Section 3.2 deals with the redefinition of the existing concept of idea generation at KSPG to improve innovation management and to support the advanced development.

3.2. *Improvement approach*

Two kinds of approaches should be verified to implement a group-wide innovation management system and standardised advanced development process throughout all divisions at KSPG:

- The application of knowledge management, in particular knowledge mining techniques [18], and
- The enlargement of idea sources by taking into account input from external market stakeholders rather than only internal idea contributors.

3.2.1. Improvement by knowledge management. To play an important role in today's competing global market, it is essential to combine satisfaction of the customers, productivity and competitiveness. Companies have '...also to face the growth of technology with a significant increase in the volume of available and accessible information.' [19]. This is an important fact for innovation management today and, as this contribution illustrates, knowledge plays a major role, more than ever before, in the idea generation process in the complex field of innovation.

An empirical study by Barachini and Rankl [20] leads to the assumption that knowledge management and innovation management seem to be important for the whole automotive supplier industry. They discovered a strong positive correlation between knowledge management and innovation. Therefore, these two factors strongly depend on each other. They recommend that knowledge and innovation management should be regarded as key investments in the long run. Only if both techniques are mastered equally well, followers have the chance to catch up.

Because of the rapidly growing amount of details, the idea evaluation process becomes more and more complicated. In this context, the current usage of the World Wide Web belongs to the most important drivers of the data flood and information overload [21]. An innovation manager will notice numerous negative effects that are in general because of information overload during the analysis; in particular if they concern the work procedures of information gathering and document evaluation.

To cope with the above mentioned phenomenon of information overload, innovation management should realise — during the phase of idea generation — an optimised combination of different analysis techniques from the range of knowledge mining or other disciplines like competitive intelligence [22]. This interdisciplinary approach, which uses different approved methods of knowledge mining both from internal documents and from the World Wide Web, can be the key to the improvement of innovation management in practice and to the successful implementation of innovation management in the automotive supplier industry.

3.2.2. New innovation management implementation planning. By using the model of market stakeholders [23, 24], KSPG can enlarge its sources of product ideas. Not only one group of idea contributors should be responsible for innovations, but also other stakeholders of KSPG's corporate environment should be actively involved in the idea generation process. With this identification of additional idea sources it is necessary to analyse methods to extract and format their information and to evaluate it in the form of short-term and long-term aspects for the company's innovation development. Figure 3 demonstrates this approach.

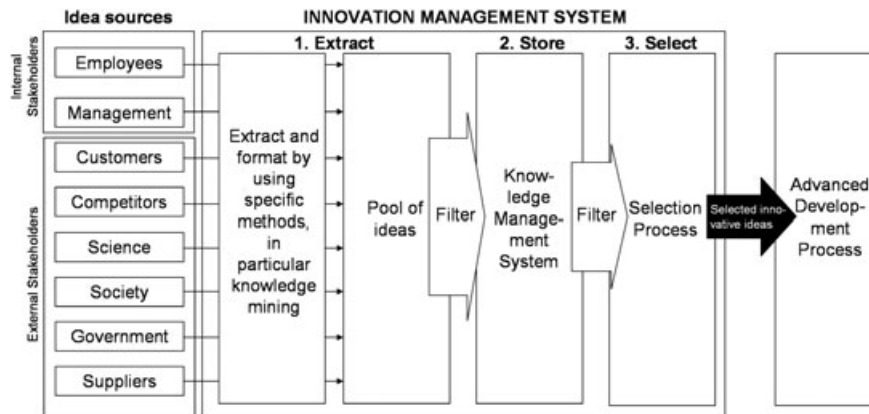


Figure 3. New innovation management system based on stakeholder concept.

This new system has to start with an as-is analysis of KSPG's current innovation management with special regard to the idea sources up to now and how ideas are evaluated so far.

On the one hand, ideas can be collected within the company from employees and management. For this purpose innovation management must provide an organisational framework and IT-infrastructure that makes the collection and evaluation of these ideas possible. This system is partly existent at KSPG because of Pierburg's efforts in the past. On the other hand, information from external stakeholders must be observed and explored for usable ideas. Both these steps represent a strategic move towards the adoption of Open Innovation [25] principles.

Kolbenschmidt Pierburg AG has launched a strategic project to implement an innovation management process according to Figure 3 across several different departments to improve its innovation power.

3.2.3. Improvement of IT-support for innovation management. To capture new ideas from different sources, it is essential to identify potential sources and specific methods to extract and format their data. Also it has to be analysed how this information will be collected and in which time frame. Depending on the nature of the idea sources, diverse methods and techniques to extract, store and select, the ideas have to be chosen individually.

One important recent step in the direction of a better collection of customer ideas was the creation of permanent customer-related teams with team members from all KSPG sales divisions (Figure 4). The main tasks of these teams are:

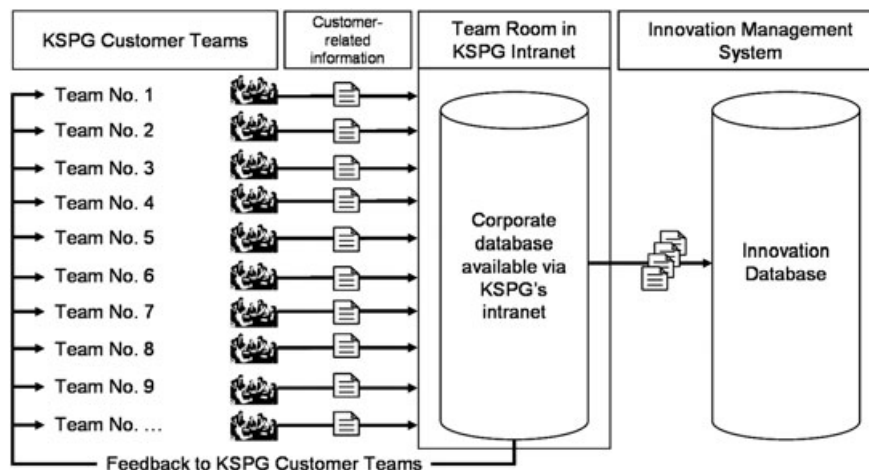


Figure 4. Customer teams to capitalise on customer ideas.

1. Build-up knowledge about KSPG customers and share these customer insights with team members.
2. Development of a homogenous and consistent understanding of the customers' future production, which represents the KSPG level of information and which is binding for all business divisions.
3. Discussion of the customer-related topics and estimation of a final result, which represents KSPG's common market view.

Members of these teams have the possibility to share their knowledge with colleagues, and make their market estimations transparent. For the management of these KSPG customer teams (for example, sales people in particular), an IT solution within the KSPG's intranet, a so-called team room, has been created and is continuously improved. It is now possible to collect and store systematically the data provided by the customer team members. Among those data there will be invaluable customer ideas, which will be fed into the Innovation Database and thus into the complete innovation management process.

4. CONCLUSION AND OUTLOOK

This paper presents an approach to the improvement of innovation management by IT facilities, with a particular focus on the automotive supplier industry. It does this in the context of a strategic project that aims at the development of an optimised innovation management system at the automotive supplier KSPG. The development, realisation and coordination of a company-wide process of idea generation embedded in a strategic innovation management process form the major goal. This new innovation management system will be associated with the standardised advanced development process at KSPG.

A model based on the stakeholder concept in combination with knowledge mining is introduced. It provides a solid starting point for further analysis of innovation management requirements and targets in the automotive supplier industry in general and especially at KSPG. The stakeholder approach is considered specifically as a means of increasing the understanding of an automotive supplier's environment. Knowledge mining techniques applied to internal and external information sources are an upcoming and very promising way of discovering useful knowledge within and outside the company, and to make it available to innovation management. Through the implementation and utilisation of IT-based knowledge mining systems it will be possible to optimise the idea generation process:

- With internal stakeholders, for example through the clustering of in-house ideas to get a picture of the current company culture and R&D activities, and
- With external stakeholders, like harvesting knowledge from the World Wide Web, most notably patent databases, and trend studies for identifying technology fields or trends.

This two-way analysis will be the core of future research in the strategic project. Finally, the research results will increase corporate insights along with improvements in product development quality and value.

REFERENCES

1. Dannenberg J. Große Chance für Zulieferer. Interviewed by Tina Rumpelt. *Automobil Produktion, Sonderausgabe: Innovationen in der Automobilindustrie*; May 2008; 18–19.
2. Riel A, Tichkiewitch S, Uys W, du Preez N. Mining Knowledge in the Digital Enterprise. *Proceedings of DET2008, 5th International Conference on Digital Enterprise Technology*. Nantes, France, 22–24 October 2008.
3. Birchall DW, Chananon JJ, Tovstiga G. Knowledge Sourcing and Assimilation – Innovation in the Automotive Industry. *Innovation Management in the Knowledge Economy, Series on Technology Management (vol. 7)*, Dankbaar B (ed.). Imperial College Press: London, 2003; 167–184.
4. German Association of the Automotive Industry (VDA). *The economic situation of the automotive industry in 2010*. VDA: Berlin, 2011.
5. German Association of the Automotive Industry (VDA). *Annual Report 2011*. VDA: Berlin, 2011.
6. Gassmann O, Bader MA. *Patentmanagement – Innovationen erfolgreich nutzen und schützen* (2nd edn). Springer: Berlin Heidelberg, 2007.
7. Dannenberg J, Burgard J. *Car Innovation 2015 – A comprehensive study on innovation in the automotive industry*. Oliver Wyman Automotive: Munich, 2007; http://www.car-innovation.com/pdf/studie_car_innovation_2015.pdf [2007].

8. Mattes B, Meffert H, Landwehr R, Koers M. Trends in der Automobilindustrie: Paradigmenwechsel in der Zusammenarbeit zwischen Zulieferer, Hersteller und Händler. *Automotive Management – Strategie und Marketing in der Automobilwirtschaft*, Ebel B, Hofer M, Al-Sibai J (eds.). Springer: Berlin Heidelberg, 2004; 13–38.
9. Stockmar J. Erfolgsfaktoren für Automobilzulieferer – Strategien für 2010. *Automotive Management – Strategie und Marketing in der Automobilwirtschaft*, Ebel B, Hofer M, Al-Sibai J (eds.). Springer: Berlin Heidelberg, 2004; 61–77.
10. Griffin A. PDMA research on new product development practices. *Journal of Product Innovation Management (JPIM)* 1997; **14**(6):429–458.
11. Pleschka F, Sabisch H. *Innovationsmanagement*. Schäffer-Poeschel: Stuttgart, 1996.
12. Stockmeyer B. Ansatzpunkte und Methoden zur Effizienzsteigerung im Innovationsmanagement der Ernährungsindustrie. *PhD Thesis*, Technische Universität München, Germany, 2001.
13. Hambüchen TE. *Innovation als produktpolitische Maßnahme in der Milchwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland*. Wissenschaftsverlag Vauk: Kiel, 1989.
14. Cooper RG, Kleinschmidt EJ. An investigation into the new product process. *Journal of Product Innovation Management (JPIM)* 1986; **3**(2):71–85.
15. Brockhoff K. *Forschung und Entwicklung* (5th edn). Oldenbourg: München Wien, 1999.
16. Le Corre A, Mischke G. *The Innovation Game. A New Approach to Innovation Management and R&D*. Springer: New York, 2005.
17. Herrmann C, Bergmann L, Thiede S, Zein A. Life Cycle Innovations in Extended Supply Chain Networks. *Advances in Life Cycle Engineering for Sustainable Manufacturing Businesses, Proceedings of the 14th CIRP Conference on Life Cycle Engineering, Waseda University, Tokyo, Japan, June 11th-13th, 2007*, Takata S, Umeda Y (eds.). Springer: London, 2007; 429–444.
18. Asakiewicz C. *Knowledge Mining – The Quantitative Synthesis and Visualization of Research Results and Findings*. VDM Verlag Dr. Müller: Saarbrücken, 2008.
19. Ammar-Khodja S, Bernard A. An Overview on Knowledge Management. *Methods and Tools for Effective Knowledge Life-Cycle-Management*, Bernard A, Tichkiewitch S (eds.). Springer: Berlin Heidelberg, 2008; 3–21.
20. Barachini F, Rankl S. The Relevance of Knowledge- and Innovation Management for the European Automotive Supply Industry: A Case Study. *Knowledge Management – Competencies and Professionalism, Series on Innovation and Knowledge Management (vol. 7)*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.: Singapore, 2008; 159–169.
21. Finkler W. Deutsche Börse Systems AG: Textmining im Dienste von Competitive Intelligence. *Competitive Intelligence – Strategische Wettbewerbsvorteile erzielen durch systematische Konkurrenz-, Markt- und Technologieanalysen*, Michaeli R (ed.). Springer: Berlin Heidelberg, 2006; 355–367.
22. Michaeli R. *Competitive Intelligence – Strategische Wettbewerbsvorteile erzielen durch systematische Konkurrenz-, Markt- und Technologieanalysen*. Springer: Berlin Heidelberg, 2006.
23. Freeman RE. *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. Pitman: Boston, 1984.
24. Freeman RE. The Stakeholder Approach Revisited. *Zeitschrift für Wirtschafts- und Unternehmensethik (zfwu)* 2004; **5**(3):228–241.
25. Chesbrough H. *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Harvard Business School Press: Boston, 2003.

AUTHORS' BIOGRAPHIES



Martin Neumann is Manager for Innovation Services within the central research and technology department of Kolbenschmidt Pierburg AG and has been working since 2004 for Kolbenschmidt Pierburg and Pierburg GmbH in the fields of market research and innovation management. He has professional work experience in marketing, consulting and market research, and he has been certified as an European Innovation Manager.



Andreas Riel is a contractual expert at Grenoble Institute of Technology and Program Manager of Innovation for the EMIRAcle association. He has ten years of professional work experience in the automotive industry, and three years of experience in the management of the European Network of Excellence VRL-KCiP, which is at the origin of EMIRAcle. Over the recent years, he has gained vast experience in innovation management in both product development and manufacturing, and he has been certified as an European Innovation Manager and Trainer.



Daniel Brissaud has been a professor of engineering design and eco-design at the University of Grenoble (Grenoble-INP) since 1998. He is head of the cluster of research 'Management and Organisation of Production Systems and Innovation' for the Rhône-Alpes area, member of the European Manufacturing and Innovation Research Association 'EMIRAcle', and CIRP fellow. His scientific interests are eco-design, environmental assessment, lifecycle engineering, clean technologies, product-service systems design, integrated design and requirement engineering. He authored more than 60 papers in international journals and books and mentored 16 Ph.D. theses.



Qualification and certification for the competitive edge in Integrated Design

A. Riel^{a,*}, S. Tichkiewitch^a, R. Messnarz^b

^a EMIRAcle/G-SCOP Laboratory, Grenoble Institute of Technology, 46 av. Félix Viallet, Grenoble 38031, France

^b ISCN GmbH, Schiesstattgasse 4a, Graz 8010, Austria

ARTICLE INFO

Article history:

Available online 8 May 2010

Keywords:

Integrated Engineering
Integrated Design
Competitive Design
Qualification
Certification

ABSTRACT

Competitive Product Design is more and more linked to mastering the challenge of the complexity and the multidisciplinary nature of modern products in an integrated fashion from the very earliest phases of product development. Design Engineers are increasingly confronted with the need to master several different engineering disciplines in order to get a sufficient understanding of a product or a service. Industrialists demand for the certification of the required skills, as well as for their international recognition and exchangeability. This paper describes an innovative approach to establish a training curriculum and a certification in the domain of Integrated Engineering on a European level. It shows the key competences that have been identified for the new job role of Integrated Design Engineers, as well as their relevance to system competence, which is considered one of the most vital success factors of competitive product design. It also introduces the European-wide recognized schema for professional training and certification that has been adopted for the implementation of the qualification and certification of Integrated Design Engineers, and it points out the relevance of the activity for universities.

© 2010 CIRP.

1. Introduction

Integrated Engineering is characterized by a highly multidisciplinary approach to product development. Engineers are increasingly confronted with the need to master several different engineering disciplines in order to get a sufficient understanding of a product or service. Likewise, engineering teams are getting increasingly interdisciplinary, and thus they demand for a mutual understanding and collaboration between domain expert team members [1,2].

Although university curricula start getting adapted to this development on an international scale, it is evident that there is an urgent need for interdisciplinary education and certification

programs on a postgraduate level [3]. While universities are supposed to educate in-depth knowledge in specific engineering areas, lifelong learning programs and curricula are needed that teach the transversal links between the different engineering disciplines according to the criteria that are defined by industry. Industrialists demand for the certification of the required skills, as well as for their international recognition and exchangeability.

Today, such internationally recognized training and certification programs for job roles in modern product creation do not exist. This paper describes the approach that EMIRAcle [4] takes together with the ECQA [5] in order to define and establish job roles, curricula and certifications in the domain of Integrated Engineering on a European level. The target is to specify the skill set that characterizes Integrated Engineering, as well as to provide skill-specific training modules and the corresponding training material. Once these are found, sets of test questions have to be formulated, which shall provide the basis for assessment and certification of candidates.

To this aim, the major goal of the underlying research is to identify the key competences that characterize Integrated Engineering, with a particular effort on identifying the core principles and on explaining those using case studies from different industrial sectors. The focus shall be put on Integrated Design, as the design activity is the key to understanding and conceiving a product or a system in an integrated manner, i.e., optimally adapted to its complete life-cycle. The research seeks to

Abbreviations: BMU, Behavioral Mock-Up; CAD, Computer Aided Design; CAE, Computer Aided Engineering; DMU, Digital Mock-Up; ECU, Electronic Control Unit; ECQA, European Certification and Qualification Association; EMIRAcle, European Manufacturing and Innovation Research Organization—a cluster leading excellence; ERP, Enterprise Resource Planning; EU Cert, EU Certification Campus; EQF, European Qualification Framework; EQN, European Quality Network; FEA, Finite Element Analysis; FOD, Function Oriented Design; HiL, Hardware in the Loop; IT, Information Technology; ICT, Information and Communication Technologies; JRC, Job Role Committee; NQA, Network Quality Assurance; PCP, Product Creation Process; PDM, Product Data Management; PLM, Product Lifecycle Management; SCM, Supply Chain Management; TCU, Transmission Control Unit.

* Corresponding author. Tel.: +33 4 76 82 51 56; fax: +33 4 76 57 46 95.

E-mail addresses: Andreas.Riel@grenoble-inp.fr (A. Riel),

Serge.Tichkiewitch@grenoble-inp.fr (S. Tichkiewitch),

rmess@iscn.com (R. Messnarz).

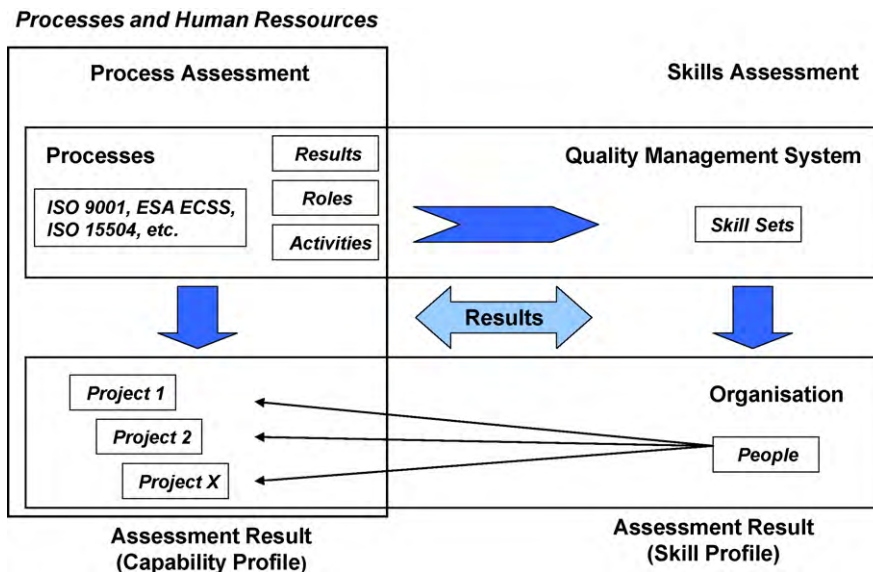


Fig. 1. Integration of process and human skills in an integrated model.

make explicit the general concept of integration as a means to tackle particular research questions. The capitalization on research in Integrated Design which has been carried out over several years is considered as a fundamental guiding principle.

This paper points out skill requirements of job roles in Integrated Engineering that are demanded by industry, in particular in Integrated Design Engineering. It shows how they are used to develop education and test programs, as well as certification criteria. This activity is the first in a planned series of projects that aim at implementing a number of training and certification programs in Integrated Engineering into the well-established IT-platform of the ECQA, and offering those in a number of education institutions all over Europe. The great success of ECQA's system and platform in the software engineering domain provides an important basis for this cooperative work.

Section 2 of this paper introduces the background of the work of the ECQA. Section 3 discusses the skills that have been identified as key skills for Integrated Design Engineers. Many of them apply equally well to other job roles in Integrated Engineering. Section 4 looks into automotive powertrain development to show why Integrated Design Engineering skills on an enterprise level can lead to a significant competitive edge. Section 5 gives a very brief overview of the training, testing and certification concept that has been established by the ECQA, and suggests its application to implement the proposed Integrated Design Engineering skill set. Finally, Section 6 summarizes the key points that have been made in the paper, and gives a conclusion.

2. Background

2.1. Success factors of innovation

The success of innovation or improvement does not only depend on the correct technical approach. Instead, numerous aspects related to the learning strategy influence the success. This fact has been proved by the following exemplary European studies:

- study at 200 companies in 1998 [6];
- study at 128 multinational enterprises in 2002 [7];
- study in 59 networked European organizations in 2003 [8–10].

Besides top management support (26%) the studies underlined a positive learning culture (15%: learning from mistakes, team learning, knowledge sharing, etc.) and a supporting organizational infrastructure (17%) which helps with the implementation of the learning organization [7]. A learning organization [11] creates a positive learning culture and enables team learning and synergy exploitation in an organization. Team learning enables knowledge to be spread much more quickly, and a high level of a skilled human force is maintained. To be successful on the market, human skills are regarded as a complementary set needed in addition to qualified processes.

2.2. Processes, job roles, and skills

Fig. 1 illustrates that processes require roles which need specific skills to efficiently perform the job. For example, in the ISO 15504 standard (SPICE, Software Process Improvement and Capability determination [12,13]) a capability level of 3 would require the definition of competence criteria per role. The combination of this approach with the learning organization related approach that has been outlined in Section 2.1 leads to a framework in which it is extremely important to think in terms of job role based qualification and skills. Most of today's qualification programs in the engineering domain, however, are focused on subjects rather than on specific job roles. It is exactly this problem that this research program wants to address for modern job roles in Integrated Product Development [14].

3. Integrated Design Engineer key skills

3.1. Background and motivation

Engineering design is a crucial component of the industrial product realization process. It is estimated that at least 70% of the life-cycle cost of a product is determined during design. As demonstrated by numerous successful companies, effective engineering design can improve quality, reduce costs, speed up time to market, and help better match products to customer needs. Effective design is also a prerequisite for effective manufacturing [15].

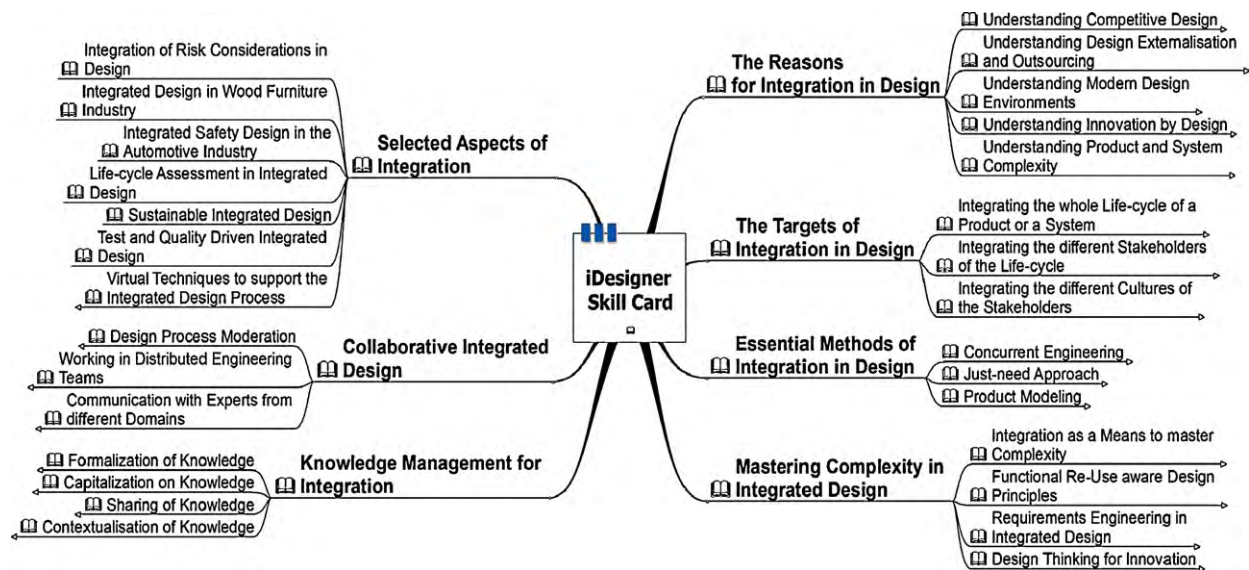


Fig. 2. Proposed skill set of an integrated design engineer.

In the context of this complexity, the field of engineering design can be regarded as consisting of three independent categories of variables and abstractions:

- a wide variety of problem types,
- lots of experts required to solve the problems, and
- a vast heterogeneous pool of organizations and environments.

Attempts to discover crucial variables and abstractions that apply to people and the environment are likely to be either unmanageably complex initially or greatly oversimplified otherwise. Moreover, research methodology in these categories is cumbersome and difficult to plan and implement. Obstacles faced in the cognitive, social, and environmental aspects of design are much the same as those faced by researchers in such fields as education, sociology, and management.

This section gives an overview of the Integrated Design Engineer skill set that has been developed in the underlying research project [16], which at this stage also includes experiences from discussions with numerous industrialists concerning the relevance of the proposed skills to their own experiences and expectations about competences of Integrated Design Engineers.

3.2. Skill set overview

According to the standard that is proposed by the ECQA, which is compliant with the European Qualification Framework (EQF) [17], the skills that characterize a specific job role define the so-called skill set (or skill card), which contains skill units, which consist of skill elements. The competences expected from a candidate who wants to get certified for a particular skill element are specified by performance criteria. For certification, the candidate is tested on the basis of a pool of test questions that have been specified for each performance criterion. Alternatively, candidates can ask for the assessment of documents that prove that they have successfully applied the principles and associated performance criteria in their professional activities. As indicated before, candidates can get certified per skill element, which allows them to obtain the complete qualification and certification of a particular job role in an incremental manner in the course of their professional career paths.

Fig. 2 shows a skill element-level overview of the Integrated Design Engineer skill set. The following sections briefly discuss each of the displayed skill units and their elements.

3.3. The reasons for integration in design

This introductory unit deals with the motivation for the paradigm of Integrated Design for innovative and competitive product development.

3.3.1. Understanding Competitive Design

This element deals with the key importance of design for creating products that are competitive on increasingly global and fast-evolving markets. It teaches definitions of Competitive Design, and discusses key approaches to Competitive Design.

3.3.2. Understanding design externalization and outsourcing

As products are becoming more and more complex, design tasks require globally distributed design teams of experts. Working in such networks of experts demands very special skills and competences. This element focuses on the reasons for the need of externalization and outsourcing of design tasks, and it gives an overview of the implications on the competence requirements for Integrated Design Engineers. The element analyses the reasons for and the key aspects of externalization and outsourcing.

3.3.3. Understanding modern design environments

Modern design environments have to support the key aspects of Integrated Design, which are essentially centered on the support of the collaboration and knowledge sharing of experts from different domains during the design tasks. This element gives an overview of those key aspects, and uses examples of cutting-edge environments to show their realization.

3.3.4. Understanding innovation by design

This element focuses on the importance of design to innovate products. Due to the fact that design is a key element of the earliest phases of the product development process, it has a crucial influence on the innovative character of the final product. Integrated Designers have to be able to collect and implement requirements of all the stakeholders into the product. Apart from

the definition of Product Innovation, the element analyses the role of design in product innovation.

3.3.5. *Understanding product and system complexity*

This element deals with the notion of complexity in the context of modern products. It highlights different definitions of complexity, as well as means to measure complexity.

3.4. *The targets of integration in design*

This unit deals with the major entities to be integrated by Integrated Design approaches. These signify at the same time the key characteristics of Integrated Design compared to traditional approaches. As such, the unit gives the motivation for integration in design, and attempts to present an overview of the key issues that the complete qualification deals with.

3.4.1. *Integrating the whole life-cycle of a product or a system*

Knowledge about the life-cycle of a product is the key to identifying and understanding the requirements a product is confronted with throughout its entire life from specification over usage to disposal and recycling. Even if specific products run through their specific life-cycles, there are certain phases and characteristics that are common to those life-cycles [18]. This unit deals with those key elements of the product life-cycles with the target to establish the basis for understanding the variety and the complexity of requirements on integration activities and integration thinking in Integrated Design activities.

3.4.2. *Integrating the different stakeholders of the life-cycle*

The probably most important element of every product life-cycle is its stakeholders. Stakeholders are people who are actively or passively, directly or indirectly involved in one or several phases of the whole product life-cycle, from specification to disposal and recycling. Evidently, all these people come from several different domains such as research, engineering, business, marketing, and politics. Similarly they can assume different roles such as developers, producers, users, and vendors. The key issue about these people is that they all impose specific requirements on the product in terms of their expectations, preferences, and constraints, which Integrated Designers should all be aware of.

The target of this unit is thus to identify the most typical and important stakeholders of the product life-cycle, their potential roles, functions and influences with respect to the product. The goal for the Integrated Design Engineer is to be able to identify as completely as possible all potential sources of requirements to the product.

3.4.3. *Integrating the different cultures of the stakeholders*

Involving people with different competences, expertise, and roles can be very challenging. In typical product design organizations, designers are supposed to procure themselves with key information from those stakeholders. This requires competences in communication and in particular knowledge about the different cultures of stakeholders. This element points out this need and gives an overview of relevant key issues.

3.5. *Essential methods of integration in design*

Knowledge about the reasons for the necessity of the application of Integrated Design, as well as about the essential entities to be integrated is the prerequisite to understand different approaches to the holistic design process. This unit deals with cutting-edge methods that have significant importance in Integrated Design, and which have been proven both in scientific research and in industrial environments. The target of this type of training is that students understand these methods to the extent

that they are themselves able to apply them to their own design tasks, as well as to select the best means to improve their knowledge and skills about them in a more specific and focused type of training and/or study.

3.5.1. *Concurrent engineering*

The concurrent engineering approach is still a relatively new design management system. It has had the opportunity to mature in recent years to become a well-defined systems methodology towards optimizing engineering design cycles. Because of this, concurrent engineering has garnered much attention from industry and has been implemented in a multitude of companies, organizations and universities [19].

The basic premise for concurrent engineering revolves around two concepts. The first is the idea that all elements of a product's life-cycle, from functionality, production, assembly, testability, maintenance issues, environmental impact and finally disposal and recycling, should be taken into careful consideration in the early design phases. The second concept is that the preceding design activities should all be occurring at the same time, or concurrently. The overall goal being that the concurrent nature of these processes significantly increases productivity and product quality, aspects that are obviously important in today's fast-paced market. This philosophy is the key to the success of concurrent engineering because it allows for errors and redesigns to be discovered early in the design process when the project is still in a more abstract and possibly digital realm. By locating and fixing these issues early, the design team can avoid what often become costly errors as the project moves to more complicated computational models and eventually into the physical realm.

This element deals with concepts and examples of Concurrent Engineering, as well as with tools supporting this approach.

3.5.2. *Just-Need approach*

The Just-Need approach basically signifies that each stakeholder involved in the Integrated Design process is supposed to impose a design constraint on the product or system as soon as the stakeholder can prove that constraint [20]. This assures that the space of potential design solutions is restricted step by step by only those constraints which can be verified and validated during and after the design process. This element deals with concepts and examples about this approach, as well as with tools that help apply it.

3.5.3. *Product modeling*

Product modeling is increasingly used to tackle the complexity of modern products and systems. It aims at providing a complete representation of the product or the system in the form of modules and their relationships. This element looks at different modern approaches to product modeling, as well as modeling tools and languages.

3.6. *Mastering complexity in Integrated Design*

This unit focuses on the key role that design has in systems engineering with a focus on systems that should be turned into competitive products that are successful on the market. Systems engineering is an interdisciplinary field of engineering that focuses on how complex engineering projects should be designed and managed. Issues such as logistics, the coordination of different teams, and automatic control of machinery become more difficult when dealing with large, complex projects. Systems engineering deals with work-processes and tools to handle such projects, and it overlaps with both technical and human-centered disciplines such as control engineering and project management. Systems engineering focuses on defining customer needs and required

functionality early in the development cycle, documenting requirements, proceeding with design synthesis and system validation while considering the complete problem: the system life-cycle. Depending on their application, although there are several models that are used in the industry, all of them aim to identify the relation between the various stages mentioned above and incorporate feedback. Examples of such models include the Waterfall model and the VEE model [21].

System development often requires the contribution from diverse technical disciplines. By providing a systemic (holistic) view of the development effort, systems engineering helps meld all the technical contributors into a unified team effort, forming a structured development process that proceeds from concept to production to operation and, in some cases, to termination and disposal.

3.6.1. Integration as a means to master complexity

Integration is a key factor of systems engineering. This element deals with the collaboration of experts from different fields to master complexity, as well as with the representation of different product views as a means to help experts understand and collaborate on the product.

3.6.2. Functional re-use aware design principles

One of the major questions in product and systems engineering is how to create a proven-in-use stable architecture which can be re-used and adapted for many customers on the market. This requires more than re-using one component; it requires an architectural paradigm. Generic and adaptable product architectures are created in designs where interfaces are fixed and components exchangeable and adaptable by parameter settings. The result is a stable architecture with certified components which can be adapted to different customer specific functions by parameter settings. In this element the student learns about the according architectural design strategies.

3.6.3. Requirements engineering in Integrated Design

Systematic requirements analysis is also known as requirements engineering. It is sometimes referred to loosely by names such as requirements gathering, requirements capture, or requirements specification. The term requirements analysis can also be applied specifically to the analysis proper, as opposed to elicitation or documentation of the requirements, for instance.

Requirement engineering is a sub-discipline of systems engineering and software engineering that is concerned with determining the goals, functions, and constraints of products and systems. In some life-cycle models, the requirements engineering process begins with a feasibility-study activity, which leads to a feasibility report. If the feasibility study suggests that the product should be developed, then requirement analysis can begin. If requirement analysis precedes feasibility studies, which may foster outside the box thinking, then feasibility should be determined before requirements are finalized. Design engineers are an integral part of the requirements engineering process.

Furthermore, quality standards emphasize the traceability of requirements and their mapping against acceptance criteria and tests. In most engineering processes even the lowest quality levels can no longer be achieved without implementing requirements tracing systems. Modern quality standards like ISO 15504 [12] typically define several layers of requirements, such as customer requirements, system requirements (mapped onto system elements), component requirements (housing, hydraulic system, oil pump, etc.), and software requirements. Among these types, they also distinguish between component and system requirements. These types of requirements are mapped onto the different test levels, a step which provides the basis for the validation of the conceived product or system.

This element teaches requirements management principles inspired by Software Engineering, which is the discipline where systematic requirements management has been developed and applied over years at an unequalled speed.

3.6.4. Design Thinking for innovation

Design Thinking is a methodology that drives the full spectrum of innovation activities with a human-centered design ethos [22]. A core issue intimately linked to this methodology is that innovation is powered by a thorough understanding, through direct observation, of what people want and need in their lives and what they like or dislike about the way particular products are made, packaged, marketed, sold, used, and supported. Design Thinking is thus essentially about involving design engineers into the life-cycle of a product or a system, even in the case of a completely new development.

Design Thinking has been coined by the leading authority in design research, the Stanford University in CA, USA, and it has been adopted by influential design companies all over the world. This element conveys the elements of this essential method, which aims at maximizing the creativity of designers while making them respect consistently the requirements and constraints imposed by the life-cycle the product or system is supposed to run through.

3.7. Knowledge management for integration

Engineering design is a knowledge-based, knowledge-intensive intellectual activity. As pointed out above, designers and others involved in the design of any product or process bring to bear extensive technical knowledge, product knowledge, manufacturing process knowledge, design process knowledge, memories of previous projects, etc. [23]. Much of this knowledge is presently ad hoc and heuristic, residing implicitly with individuals or within organizations. It is thus hardly accessible to others in the same organization, and still much less to other organizations. The handbooks, textbooks, catalogues, trade journals, research journals, and company guidelines in which much of this knowledge has been recorded are generally useful only if close at hand (some say “within reach”) and if they deal specifically with the designer’s current problem [15]. As a database, this collection is extremely inefficient in terms of accessibility.

A design knowledge base more generally and completely accessible to all engineering designers would be tremendously powerful. For this vision to be realized, existing knowledge must be captured, organized and generalized. Once this is done, the knowledge can be made available to designers via CAD systems or computer networks in a form which is adequate to support design engineers in a maximum of tasks efficiently. Every phase of this process is very complex, as they all deal with originally implicit knowledge. As both the knowledge providers, as well as the final target users are design engineers, they should be able to participate in this process as much as possible, which requires a basic understanding of the motivation and targets of knowledge management for product design. Furthermore, professional seminars allow professional users to exchange related experiences, which is particularly essential for the improvement of existing and upcoming approaches to knowledge management in product creation [24]. It is of utmost importance that design engineers are aware of the importance of their own contributions to knowledge management and knowledge sharing in the organization, and more specifically in the design team.

3.7.1. Formalization of knowledge

This learning element teaches ways that lead to the formalization of knowledge, which is the necessary basis for knowledge

capitalization and sharing. It is about the purpose and the scope of knowledge formalization, about methods of capturing expert knowledge, methods of structuring knowledge for Function Oriented Design (FOD), as well as methods to express design knowledge for formalization.

3.7.2. Capitalization on knowledge

This element seeks to qualify Integrated Designers to capitalize on knowledge acquired in certain domains, for design tasks on other domains, as well as for variants in the same domains. It focuses on methods for the capitalization on expert knowledge, the systematic capitalization on design solution patterns, as well as on the capitalization on captured knowledge in process planning.

3.7.3. Sharing of knowledge

Once design knowledge can be formalized, the key of successful organizations is in their capability of sharing design knowledge within the organization. Successful implementation of this builds on each design engineer's competences in knowledge sharing methods, tools and its advantages for the individual designers and the whole organization. This element makes engineers aware of the importance of knowledge sharing in the organization, of understanding and applying the terms vernacular, vehicular and universal knowledge elements, as well as of ways to contribute to knowledge sharing in the organization.

3.7.4. Contextualization of knowledge

Knowledge that has been formalized can be shared and capitalized on, but it has to be put into the context of a specific project and process environment in order to be applicable in an optimal way. This process of re-contextualization of knowledge allows the transfer of knowledge from one domain to another and therefore leverages innovation. This element points out the key issues for the contextualization of knowledge and their implications on the innovation power of an organization. In particular, it underlines the aspects that show the importance of carrying out the re-contextualization in the very early phases of the project [25].

3.8. Collaborative Integrated Design

Current engineering design processes typically involve large design teams, where experts work simultaneously and independently using different engineering tools. Team members are often distributed in separate locations across various time zones around the world. This unit deals with some important skill elements in the context of such distributed collaborative design team scenarios. Contrary to concurrent engineering, truly collaborative Integrated Design requires actors to share ideas, data, and knowledge in order to be able to make design decisions collectively.

3.8.1. Design process moderation

In the collaborative design process, actors have to interact not only in virtual environments but also in face-to-face project meetings. In both cases, they have to be able to argue design solutions, and to discuss about constraints and requirements linked to the project development phases. In this element the student learns about the particularities of the moderation process in the case of the integrated engineering process.

3.8.2. Working in distributed engineering teams

This skill element is dedicated to the human working interactions training. The focus is on obtaining efficiency and effectiveness in the design team.

3.8.3. Communication with experts from different domains

In this element the student learns about the particularities of the communication in distributed engineering teams that are typically composed of experts from several different domains.

3.9. Selected aspects of integration

This unit uses real-world case studies from different industrial sectors in order to teach principles of Integrated Design in specific contexts. As such, it is meant to be an extensible pool of case studies to be used by trainers according to the relevance of the studies for a specific target audience.

3.9.1. Integration of risk considerations in design

This element teaches principles about the systematic integration of risk considerations in the design of products and systems.

3.9.2. Integrated Design in wood furniture industry

This is a specific case study of cooperative Integrated Design in the wood furniture industry, which points out as a key success factor for successfully tackling the complexity of design decisions the systematic integration of different experts during the early product development phases [26].

3.9.3. Integrated safety design in the automotive industry

This element studies the key competences required to integrate safety considerations systematically into product and system design. It is focused on automotive embedded systems.

3.9.4. Life-cycle assessment in Integrated Design

This element focuses on the systematic impact assessment throughout the product life-cycle during the design phase.

3.9.5. Sustainable Integrated Design

This element discusses sustainability factors in terms of environmental, economical and societal aspects.

3.9.6. Test and quality driven Integrated Design

This element deals with key issues about designing products with testability and quality assurance in mind all along the development process.

3.9.7. Virtual techniques to support the Integrated Design process

This element discusses some selected virtual technologies which designers are typically confronted with in modern design environments, and which Integrated Designers are supposed to be able to capitalize on [27]. The focus is put on Virtual and Augmented Reality, on Rapid Prototyping, as well as on Functional Mock-Ups.

4. Integrated Engineering as a key to system competence

4.1. The importance of system competence

Integrated Engineering by its very definition covers multiple expert domains and thus usually separate and specific threads of communication, specific tools, specific ontology, etc. Classic product development organizations typically resemble expert domains in their departmental and/or project structures, thus further intensifying and augmenting the difficulties of realizing Integrated Engineering. With increasing system complexity, obtaining the competence of the whole final product as a system and as a result of a networked system of development tasks has become practically impossible in such environments. System competence is however the fundament of being able to perform consistent Integrated Engineering and gives thus an increasingly important competitive advantage.

This applies to incremental innovation and product development and as well as to radical innovation and the development of completely new and weakly specified products. The skill set introduced in Section 3 has been specified with the clear target to be applicable to both types of development. For initial development of new products and systems, it covers most notably skills of

- systematic requirements engineering (to capture and understand requirements even in lack of an exhaustive product specification),
- knowledge capitalization and contextualization (to apply experiences from other projects and different domains and industrial sectors),
- systems engineering and functional re-use design (to tackle complexity),
- Design Thinking (which by its very definition puts designers in the position of being engines for radically new development).

These skills, while also highly relevant to incremental development tasks, give designers particular abilities to build up an integral overall system understanding in the lack of clear specifications and existing physical product realizations.

The automotive industry is one of the most highly innovation-driven industries. In particular, the development process of automotive powertrains is a stereotype example for the necessity of high system competence of design engineers, both for the development of new powertrains, as well as for engineering the evolution of existing powertrains. This section presents selected results of a detailed analysis of this process [28], and their implications on the need for integrated engineering skills to attain and improve system competence.

4.2. Case study: the automotive powertrain development process

Fig. 3 shows the most essential phases of a typical automotive powertrain development process [28]. The engine and transmission development processes run in parallel in very similar phases, and they are closely linked by consecutive “vertical” tasks if the powertrain is developed in a holistic way. The horizontal line arcs indicate the various horizontal activities that need to be carried out

ideally throughout the whole process, as they are all closely linked to the performance and quality of the final product. Most of them, however, require the whole powertrain and/or the vehicle to be available before they have actually been built. This is especially true for the engine and powertrain electronic control units (ECU – Engine Control Unit, TCU – Transmission Control Unit). In the traditional approach, prototypes of the missing parts are manufactured, or they are used from a suitable predecessor model.

During the design phase in particular, activities are guided by a complete three-dimensional graphical representation of the vehicle and its powertrain, the so-called Digital Mock-Up (DMU). Several different kinds of functional simulations, typically based on Finite Element Analysis (FEA) are carried out in order to verify that the design can make the product fulfill the specified functional properties. Hardware-in-the-Loop (HiL) setups are used to develop and test the ECU and TCU modules, which are both available in real hardware, using software simulations models of the components to be controlled, which are executed on a computer platform.

In the modern product development approach, simulation models with different levels of detail are used to mimic real components that are not yet available, from concept simulation via tests and calibrations on various kinds of testbeds to the phase with the vehicle prototype on the chassis dynamometer. This enables “front-loading” development activities to the early phases of the process, which are mostly linked to design. In this scenario, it may well happen that the transmission exists before the engine has been built and vice versa.

Both these approaches, and any approach in between, represent cases where intensive Integrated Engineering and system competence is needed on an individual engineer's level as well as on a distributed team level. They involve engineers with several different education and expertise profiles, who all have to work towards the same final targets, which are all linked to the global performance of the whole vehicle, mainly in terms of drivability (specific “feeling” when driving the car), fuel consumption and emissions. The inputs of one activity depend on the results of several other activities, which are all linked to different domain experts. This subject is treated exhaustively in [2,29], with special regard to its implications on Integrated Design. Riel [28] develops

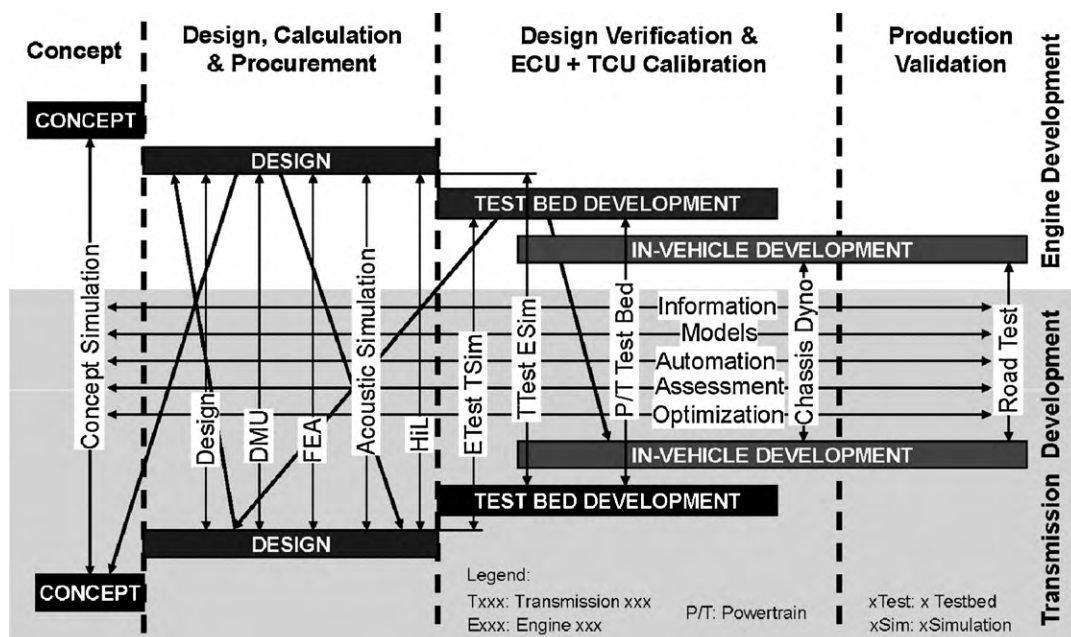


Fig. 3. Representative automotive powertrain development process.

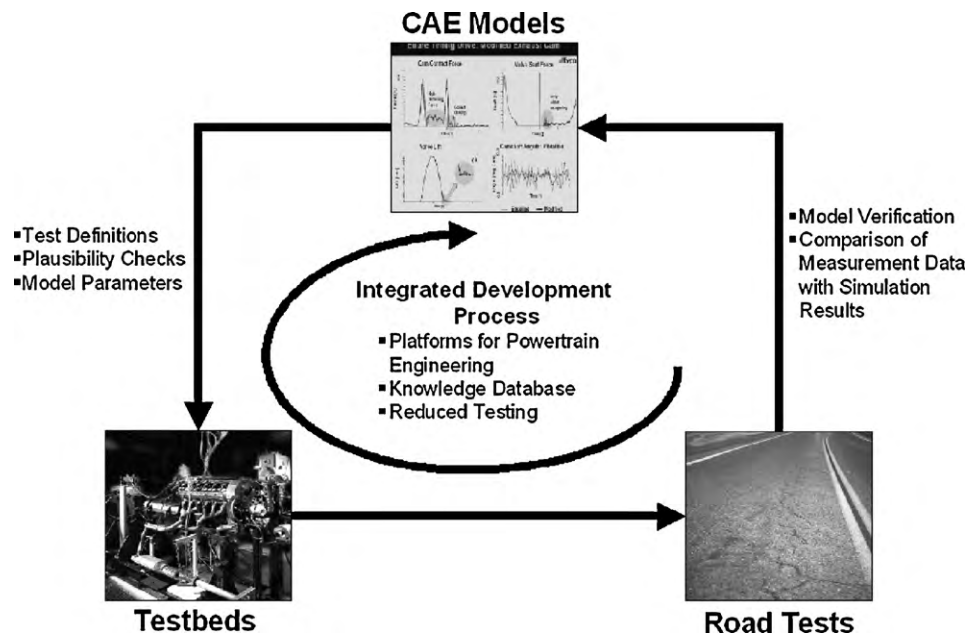


Fig. 4. Model-based integrated development.

the so-called Behavioral Mock-Up (BMU) concept that extends the well-established DMU concept to support the entire development process using Functional Mock-Ups.

The permanent interactions and synchronizations between the two processes are sketched with the inclined arrows in Fig. 3. Networking the engine and transmission development processes can be achieved by the seamless use of simulation tools and consistent simulation models. Closely connected to this is the process of collecting all the data that are required for the models used [29]. Primarily due to the stringent demands imposed by *quality assurance*, member of the different, typically distributed engineering teams, need to have comparable levels of engineering skills on a *system level*. Because it is on a system level where the teams' tasks are linked and have their dependencies: engine and transmission, control electronics and powertrain, comfort electronics and cabin, etc. to name only a few.

Design engineers play a key role in this process, as all the individual phases pass by design iteratively. This becomes most evident by the fact that the DMU technology is at the center of the process. It serves not only design decisions, but is also increasingly a means of interactions and synchronizations between different expert departments and supports major project management related decision. Qualified Integrated Design Engineers are able to understand this context, and are thus better able to help the enterprise capitalize on this technology.

4.3. Model-based integrated development

In the ideal model-based integrated development process, sketched in Fig. 4, the early CAE-models serve as the single source of data for all the later models. This assures the consistency of all the models. Real-time capable models are derived from CAE-models by target-oriented simplification or re-structuring, which typically includes the replacement of analytical calculations by pre-calculated maps and the exclusive use of fixed-step solvers. CAD/CAE data and models are used for test planning and definition, and a seamless feedback loop from the testing environment has to be established for model verification and improvement. A practical example can be found in [28]. This engineering "control loop" relies on a working flow of vehicular knowledge between the

involved groups and departments. Realizing such a loop relies on system competence of the engineers involved, since each part of this loop has to understand what the other parts need in terms of the characteristics of the system models, the parameters and the data.

4.4. IT-infrastructure in integrated engineering organizations

A fundamental requirement to integrated engineering support systems is to neatly integrate into existing IT infrastructures. Both manufacturers and suppliers in automotive and other sectors have invested considerably in their tool- and IT-infrastructure. CAD, ERP and PDM systems are more or less the three IT "pillars" within a product development enterprise [28]. Fig. 5 shows the close relationships between the integrated engineering environment (here represented by the BMU) and all the other important complementary information sources within the enterprise. Integrated Design Engineers have to understand the role of each system in order to be able to use the whole IT infrastructure in way that it can leverage the work of all the concerned engineering teams. Once more they have to be aware of the fact that they are one part in a highly networked, dependent and complex system, in which their work depends on that of others and vice versa [30].

5. Qualification and certification of integrated engineering skills

5.1. Skills acquisition with the ECQA platform

The ECQA has setup a partnership of experienced partners in more than 20 European countries to create an extensible pool of knowledge for specific professions. All the professions that have been configured in this system so far are based in the ICT area, and are thus closely related to software development. As integrated product development processes are increasingly related and/or linked to software development, new job roles from the integrated engineering domain will be able to capitalize on this sound basis [31]. One of the aims of this research is to show that both the system and the platform of the ECQA are very well suited to specify, implement and roll out the qualification and certification

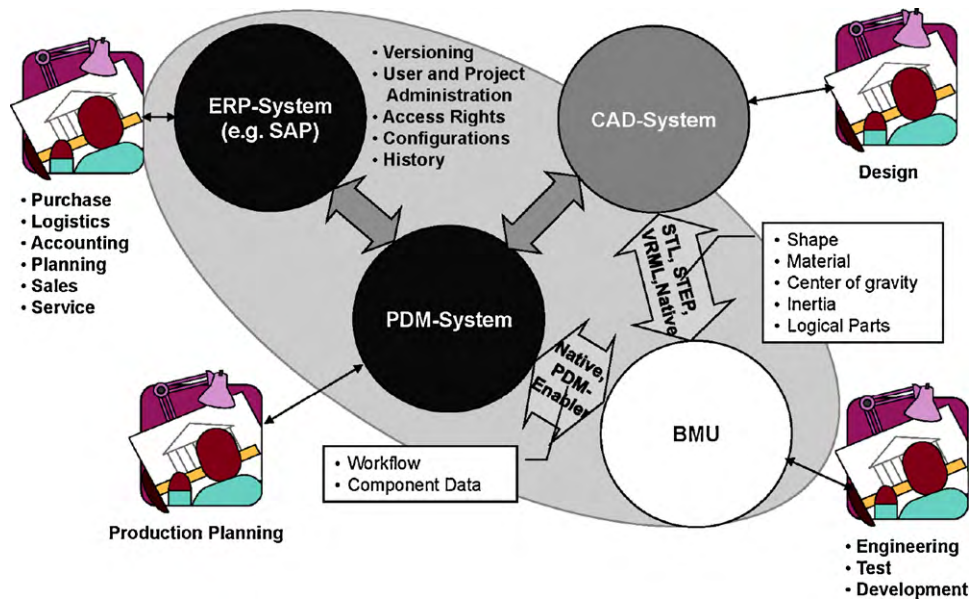


Fig. 5. IT-supported networked integrated engineering.

of modern job roles in integrated engineering environments, in particular the Integrated Design Engineer job role.

Fig. 6 gives an overview of the efficient skill acquisition process supported by the ECQA platform: a student can attend a course for a specific job role online through an advanced e-learning infrastructure. He starts with a self-assessment against the job role specific skills [32]. Then she can sign into an online course, where he is guided by a tutor and does homework which is corrected, commented and assessed by the tutor. Finally the homework and the success accomplished in her real practical projects in the industrial environment demonstrate the competences of the student.

The learning platform is based on the web-based public domain learning management system Moodle [33]. The assessment process is supported by the so-called Capability Adviser, which is a web-based assessment portal system with a defined database interface to connect the systems. Network Quality Assurance (NQA) is a web-based team working tool which was developed in the EU IST 2000 28162 project [31].

5.2. Provision, maintenance and extension of skill sets

The ECQA platform of knowledge is enhanced continuously. Existing skill sets are being reworked and new skill sets are added. Joint knowledge is being configured in form of job roles with standardized content structures [7,10] like skill set, syllabus, learning materials and online configuration, as well as sets of test questions.

So-called Job Role Committees (JRC) decide upon the content for a specific skill set. These committees are composed of academics and industrialists. This assures that both the skill set and the associated training material are kept up to date in terms of their relevance for the market demands.

5.3. Qualification and certification

According to the Bologna Process it is important that training courses are internationally recognized, and that successful course attendees receive certificates that are valid in all European

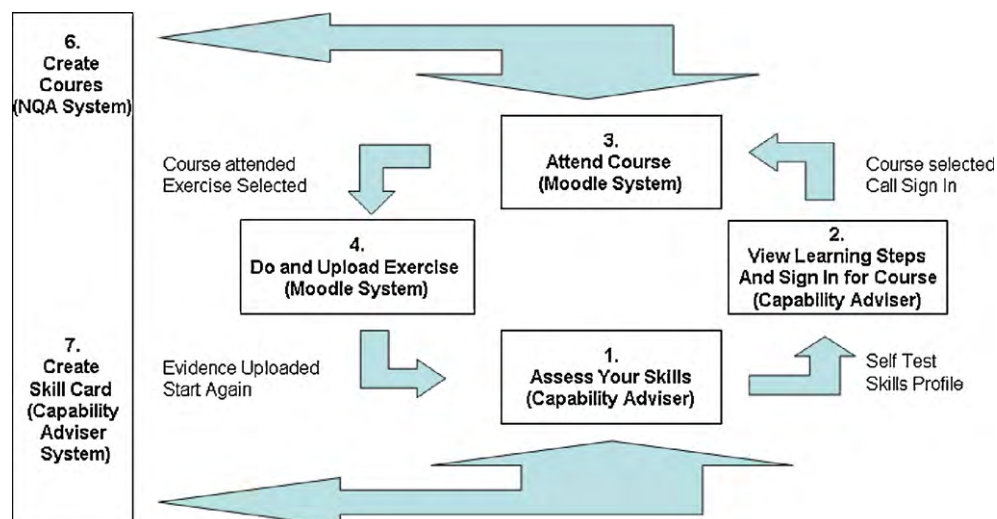


Fig. 6. Integrated European Skills Acquisition System.

countries. The European Commission supported the establishment of the European Qualification Network (EQN), from which the ECQA has evolved, with exactly this target in mind. This has resulted in a pool of professions in which a high level of European comparability has been achieved by a Europe-wide agreed skill sets, a European test questions pool and European exam system, a common set of certificate levels and a common process to issue certificates.

Quality criteria have been developed, comprising criteria to accept new job roles in the ECQA, criteria to accredit training organizations and certify trainers promoted by the ECQA, as well as criteria and processes to certify attendees who have run through the training on a specific job role [34].

The existing skills assessment portals, which have already been used by several thousands of students in different learning initiatives, are being extended to cover the new requirements of the ISO 17024 (General Requirements for Bodies operating Certification of Persons) standard. Among the international certification organizations that provide ECQA-compliant certification is the International Software Quality Institute (ISQI) [35].

5.4. Importance for universities

From what has been developed in this paper it may seem that universities and initial education were not affected by and/or involved in the proposed activities in professional qualification and certification. However, this is definitely not the case. Universities can profit from the skill set descriptions and developed industrial case studies in using them to adapt their curricula to industry needs. They will be able to prepare engineers better for their jobs in industry, and they will find it easier to get into collaboration contracts with industry. Moreover, in many respects it may be attractive for universities to act as qualification institutions for certain training modules and/or to provide trainers. Training courses present very good opportunities to meet with employees from industry and to learn about their problems, experiences and best practices.

6. Summary and conclusions

This paper points out that there is a strong industry need for international training, qualification and certification of modern job roles in Integrated Engineering, in particular in Integrated Design Engineering. It proposes a skill set that specifies the key competences that a qualified and successful Integrated Design Engineer is supposed to have. Using the automotive powertrain development process as an example, the paper also points out that many of the identified skills are also keys to system competence which is by itself an essential factor of competitive engineering. The lifelong learning concept of the ECQA, which is already very well established in the ICT domain and has set a Europe-wide standard there, has been proposed for this purpose. Moreover, the ECQA provides a strong IT platform with all the applications required for learning, testing, and certification already in place. An indispensable key to the success of this program of projects is the involvement of industrialists in the creation and the maintenance of the skill sets and the certification criteria.

An important conclusion that can be drawn at this stage of the project is that competences needed for being able to do product design in an integrated fashion are very wide and transversal across many disciplines. The biggest challenge in this research is therefore to identify the essential *principles* of the relevant competences domains, and to explain them in a way that design engineers can understand them, and apply them to their specialized tasks in their specific environments. Moreover, it can be said that this challenge provides an exceptional motivation to capitalize on integrated design research conducted over years by

linking principles with industrial experiences and transporting those to industry via focused training and postgraduate education.

Acknowledgments

This project is the first in the long-term lifelong learning strategy of the EMIRacle association [4], which is well-aligned with the strategic objectives of the European Technology Platform in Manufacturing ManuFuture [36]. The launching activities have been supported by the European Commission under the contract NMP2-CT-2004-507487 of the Network of Excellence in FP6 VRL-KCIP. This research is currently supported by the EU in the Leonardo da Vinci project [16] of the Lifelong Learning Programme. Networking activities with the ECQA have been supported by the EU in the Leonardo da Vinci project LLP-1-2007-AT-KA3-KA3MP (EU Cert – EU Certification Campus).

References

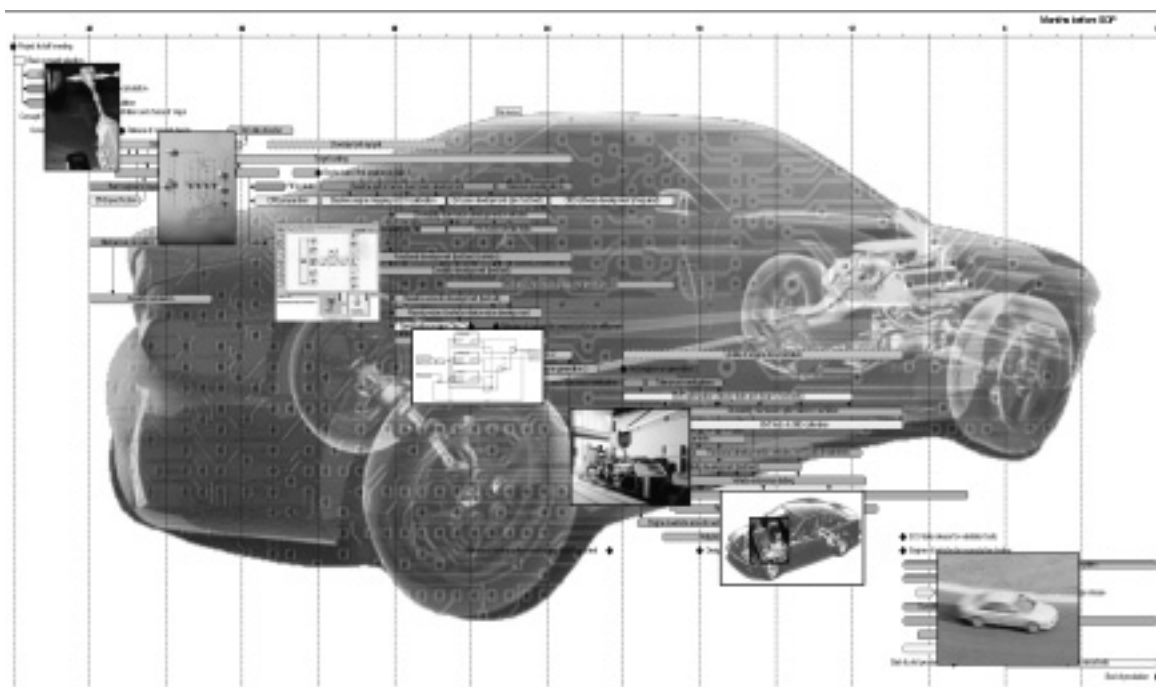
- [1] Riel, A., Tichkiewitch, S., Molcho, G., Shpitalni, M., Uys, W., Uys, E., du Preez, N., 2008, Improving Product Development Organisations Using Knowledge Mining: Requirements, Methods and Tools, in: Proceedings Knowledge Management in Product Development (Enschede, April 10–11, 2008, CD-ROM).
- [2] Tichkiewitch, S., Brissaud, D., 2004, Methods and Tools for Co-operative and Integrated Design, Academic Publishers, Kluwer. ISBN:1-4020-1889-4, p. 488.
- [3] Menne, R., 2007, Ford: Teach Integrated Engineering, Automotive Engineer, Professional Engineering Publishing Limited, London, UK, p. 5.
- [4] EMIRacle—European Manufacturing and Innovation Research Association, a cluster leading excellence, <http://www.emiracle.eu>.
- [5] ECQA—European Certification and Qualification Association, <http://www.ecqa.org>.
- [6] Messnarz, R., Stöckler, C., Velasco, G., O'Suilleabhain, G., 1999, A Learning Organisation Approach for Process Improvement in the Service Sector, in: Proceedings of the EuroSPI 1999 Conference (Pori, October 25–27).
- [7] O'Keefe, T., Harrington, D., 2001, Learning to Learn: An Examination of Organisational Learning in Selected Irish Multinationals, Journal of European Industrial Training, 25/2/3/4: 137–147.
- [8] Biro, M., Messnarz, R., Davison, A., 2002, The Impact of National Cultures on the Effectiveness of Improvement Methods—The Third Dimension, Software Quality Professional, 4/4: 46–61.
- [9] Feuer, E., Messnarz, R., 2002, Best Practices in E-Commerce: Strategies, Skills, and Processes, in Smith BS, Chiozza E, (Eds.) in: Proceedings of the E2002 Conference, E-Business and E-Work, Novel solutions for a Global Networked Economy.
- [10] Feuer, E., Messnarz, R., Wittenbrink, H., 2003, Experiences with Managing Social Patterns in Defined Distributed Working Processes, in: Proceedings of the EuroSPI 2003 Conference (Graz, December 10–12), ISBN:3901351841.
- [11] Messnarz, R., Spork, G., Riel, A., Tichkiewitch, S., 2009, Dynamic Learning Organisations Supporting Knowledge Creation for Competitive and Integrated Product Design, in: Proceedings of the CIRP Design Conference 2009 (Cranfield, March 30–31), pp.104–108. ISBN:978-0-9557436-4-1.
- [12] van Loon, H., 2007, Process Assessment and ISO 15504, Springer. ISBN:978-0-38730-048-1.
- [13] van Loon, H., 2007, Process Assessment and Improvement, Springer. ISBN:978-0-38730-044-3.
- [14] Riel, A., Tichkiewitch, S., Messnarz, R., 2009, Integrated Engineering Skills for improving the System Competence Level, Software Process Improvement and Practice (SPIP), November/December (14):325–335.
- [15] Committee on Engineering Design Theory and Methodology. National Research Council. 1991, Improving Engineering Design—Designing for Competitive Advantage, National Academy Press. ISBN:978-0-309041-r478-3.
- [16] iDesigner—Certified Integrated Design Engineer. Leonardo da Vinci contract LLP-LdV-TOI-2008-FR-117025.
- [17] The European Qualifications Framework (EQF), http://ec.europa.eu/education/lifelong-learning-policy/doc44_en.htm, last accessed on 31/10/2009.
- [18] Riel, A., Tichkiewitch, S., Grajewski, R., Weiss, Z., Draghici, A., Draghici, G., Messnarz, R., 2009, Qualification and Certification of Life Cycle Engineering Skills of Design Engineers, in: Proceedings of the 16th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering (Cairo, May 3–6, 2009, CD-ROM), ISBN:978-0-9783187-r2-7.
- [19] Ma, Y., Chen, G., Thimm, G., 2008, Paradigm Shift: Unified and Associative Feature-based Concurrent Engineering and Collaborative Engineering, Journal of Intelligent Manufacturing, 19/6: 625–641. [10.1007/s10845-008-0128-y](https://doi.org/10.1007/s10845-008-0128-y).
- [20] Brissaud, D., Tichkiewitch S., 2000, Innovation and Manufacturability Analysis in an Integrated Design Context, Computers in Industry, 43:111–121.
- [21] Systems Engineering and Operations Research. 2007, The SE VEE, SEOR at George Mason University. <http://seor.gmu.edu>, retrieved 26/05/2007.
- [22] Brown, T., 2008, Design Thinking, Harvard Business Review, (June)84–96.
- [23] Ameri, F., Dutta, D., 2005, Product Lifecycle Management: Closing the Knowledge Loops, Computer-Aided Design & Applications, 2/5: 577–590.

- [24] Bernard A, Tichkiewitch S, (Eds.) (2008), *Methods and Tools for Effective Knowledge Life-Cycle-Management*. Springer. ISBN:978-3-54078-430-2.
- [25] Tichkiewitch, S., Gaucheron, T., 1999, Taking into Account of the Recycling Constraints During the Car Design Activity, 9th Symposium on Information Control in Manufacturing (IFAC, Elsevier Science, Kidlington), . 2 vol, xix+1070 pp., pp. 827–833, vol. 2.
- [26] Pimapunsri, K., Tichkiewitch, S., Butdee, S., 2008, Collaborative Negotiation Between Designers and Manufacturers in the Wood Furniture Industry Using Particleboard and Fibreboard, in: *Proceedings of the CIRP Design Conference—Design Synthesis* (Enschede, April 7–9, 2008, CD-ROM), .
- [27] Riel, A., Tichkiewitch, S., Draghici, A., Draghici, G., Messnarz, R., 2009, Integrated Engineering Collaboration Skills to Drive Product Quality and Innovation, in: *Proceedings of the EuroSPI² 2009 International Conference* (Madrid, September 3–4), pp.2.11–2.20.
- [28] Riel A, 2005, From DMU to BMU: Towards Simulation-Guided Automotive Powertrain Development. Ph.D. Thesis, Vienna University of Technology, Vienna, Austria.
- [29] Riel, A., Brenner, E., 2004, Shape to Function: From DMU to BMU, Experiences from the Future. *New Methods and Applications in Simulation for Production and Logistics*, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart ISBN:3-8167-6640-4, pp. 275–288.
- [30] Schmidt, C., Temple, B.K., McCready, A., Newman, J., Kinzler, S.C., 2007, Virtuality-Based Understanding Scheme (VirUS)—A Holistic Typecast Supporting Research and Behaviour-Oriented Management of Virtual Teams, in Cheng K, Webb D, Marsh R, (Eds.) *Advances in e-Engineering and Digital Enterprise Technology: Proceedings of the 4th International Conference on E-Engineering and Digital Enterprise*. ISBN:978-1-86058-467-1.
- [31] Riel, A., 2006, EU Certificates and Knowledge Communities in Europe: An unbeatable Symbiosis, Keynote at the EQN Founding and Dissemination Conference (Krems, December 5, 2006, CD-ROM), .
- [32] Messnarz, R., Stubenrauch, R., Melcher, M., Bernhard, R., 1999, Network Based Quality Assurance, in: *Proceedings of the 6th European Conference on Quality Assurance* (Vienna, April 10–12), .
- [33] <http://www.moodle.org>, last accessed on 10/09/2009.
- [34] Messnarz, R., et al, 2008, The EQN Guide, ECQA. Graz, retrieved from <http://www.ecqa.org> on 14/02/2009.
- [35] ISQI—The International Software Quality Institute, <http://www.isqi.org>, last accessed on 29/10/2009.
- [36] ManuFuture, <http://www.manufuture.org>, last accessed on 12/10/2009.

**Modellierung von Fahrzeug und
Antriebsstrang im gesamten
Entwicklungsprozess**

Vehicle and Powertrain Modelling

in the whole Development Process



The rapidly growing complexity and the highly interdisciplinary structure of the vehicle and its powertrain are the two major drivers for an increasingly simulation-centric development process. Therefore, simulation models of the vehicle and all its components are used not only during the very early phases but they rather play central roles throughout the whole development process. The following article shows how AVL List GmbH is implementing simulation models and tools and how it introduces effective methodologies for virtual product development. A dual clutch transmission serves as an example to show how the development process can be supported, accelerated and verified from the concept phase to SOP by simulation.

**By Andreas Riel,
Wolfram Hasewend,
Erik Bogner and
Robert Fischer**

1 Introduction

The predominant requirement to simulation-based vehicle development lies primarily in modelling non-existent vehicle components to be able to test or calibrate one or more parts of the whole vehicle at anywhere in the process. This applies to the vehicle manufacturers (OEMs) themselves as well as to their suppliers and service partners both locally and within globally networked collaboration. The original demand arises from the fact that usable prototypes of components become available increasingly late in the process, whereas subsystems have to be designed and calibrated for the whole system earlier and earlier. In this context, calibration denotes the optimal adjustment of parameters of electronic control units like the engine and transmission control units (ECU and TCU, respectively). Transmission suppliers want to design and calibrate their transmissions even before the corresponding engines exist as functional hardware prototypes. There is a trend towards the exchange of simulation models instead of hardware prototypes among manufacturers and suppliers, such that each of them has all the required and missing components available virtually. This raises particularly strict requirements both to the simulation tools and the modelling itself in terms of quality, modularity, compatibility and reproducibility.

2 Use of Models in the Process

Very often in the automobile industry, the term "Virtual Product Creation" is used as a synonym for the DMU methodology [1,2,3]. The DMU (Digital Mock-Up) is established as the "Digital Master" within the process. Up to now, however, it only covers the areas of design and production. It is hardly used during the long phase of functional development, since it only mimics the geometrical properties of parts and assemblies. The functional development phase requires models of the system's functions, i.e., its behaviour. The vehicle is a complex mechatronic system that contains functions from a multitude of different disciplines, like from mechanics, thermodynamics, hydraulics and electronics.

A large number of individual powertrain components closely cooperate to realize a growing number of increasingly complex functions for drivability, driver assistance, safety, and others. Consequently, there is a trend from the traditionally strong part-oriented development to function-oriented development. Already today, the engine and transmission control units

interact so closely, that a holistic view on them is a prerequisite to be able to fulfill the growing requirements to the quality, comfort, fuel consumption and emissions of modern powertrain concepts. Networking the engine and transmission development processes can be achieved by the seamless use of simulation tools and consistent simulation models. Closely connected to this is the process of collecting all the data that are required for the models used [4].

The current and potential future areas where simulation models of the vehicle and the powertrain are used or will be used are manifold. The list below gives only some examples:

- Basis for collaboration (departments, manufacturer, suppliers)
- design and pre-calculation
- sensitivity analysis of design and variation parameters
- substitute of missing hardware at various testbed variants
- validation and decision basis: virtual milestones and virtual quality gates
- early detection and removal of failures
- (long-term) archiving
- model-based control algorithms in modern electronic control units.

3 The Engine and Transmission Development Processes

Figure 1 shows the most essential phases of the powertrain development process [5]. The engine and transmission development processes run in parallel in very similar phases and they are closely linked by con-

secutive "vertical" tasks if the powertrain is developed in a holistic way [6]. From concept simulation via tests and calibrations on various kinds of testbeds to the phase with the vehicle prototype on the chassis dyno, simulation models with different levels of detail are used to mimic real components that are not yet available. In this scenario, it may well happen that the transmission exists before the engine has been built and vice versa. The permanent interactions and synchronizations between the two processes are sketched with the inclined arrows in Figure 1.

There is a huge potential in the consistency of these models in terms of re-use of measurement data, calculation results and model parameters, as well as in the transparency of the functionalities of simulation tools regarding arbitrary combinations from virtual (i.e., modeled) and real components. This requirement completely applies to e.g. AVL Drive [7,8] and AVL Cameo [9]. Drive is a tool for the objective assessment of subjective driving experience and it realizes the horizontal "Assessment" line in Figure 1. Cameo is a tool for electronic control unit calibration and thus belongs to the "Optimisation" path in the figure. AVL Puma Open [10] provides the seamless "Automation"-backbone.

4 Example: Dual-Clutch Transmission

Figure 2 shows the phases that will be highlighted in this article using a power on up-shift as an example [11,12]. The driving condition "shifting", i.e., a gear shift, is a

3 The Engine and Transmission Development Processes

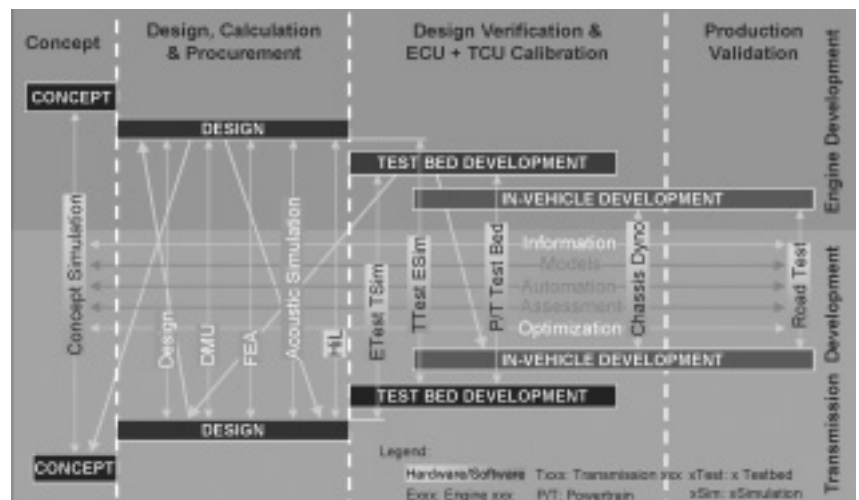


Figure 1 : Closely coupled development processes of engine and transmission

4 Example: Dual-Clutch Transmission

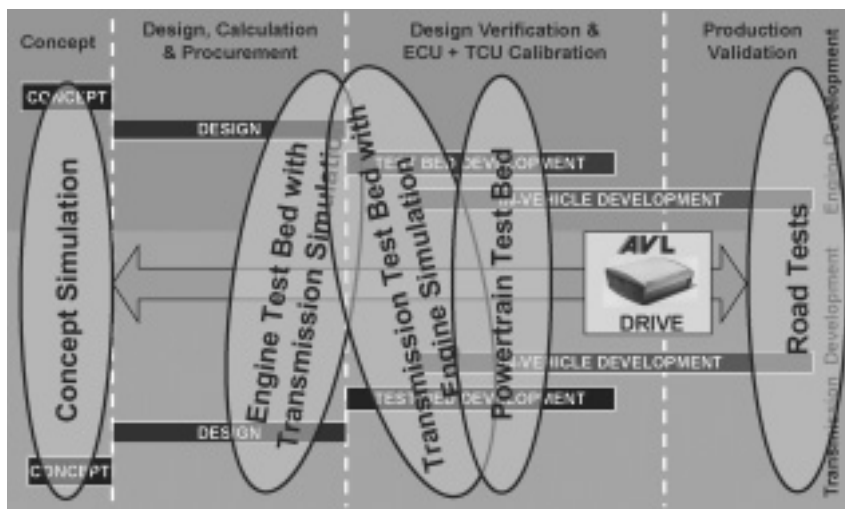


Figure 2: Process phases for the example dual clutch transmission

4.1 Concept Simulation of the Vehicle and the Powertrain

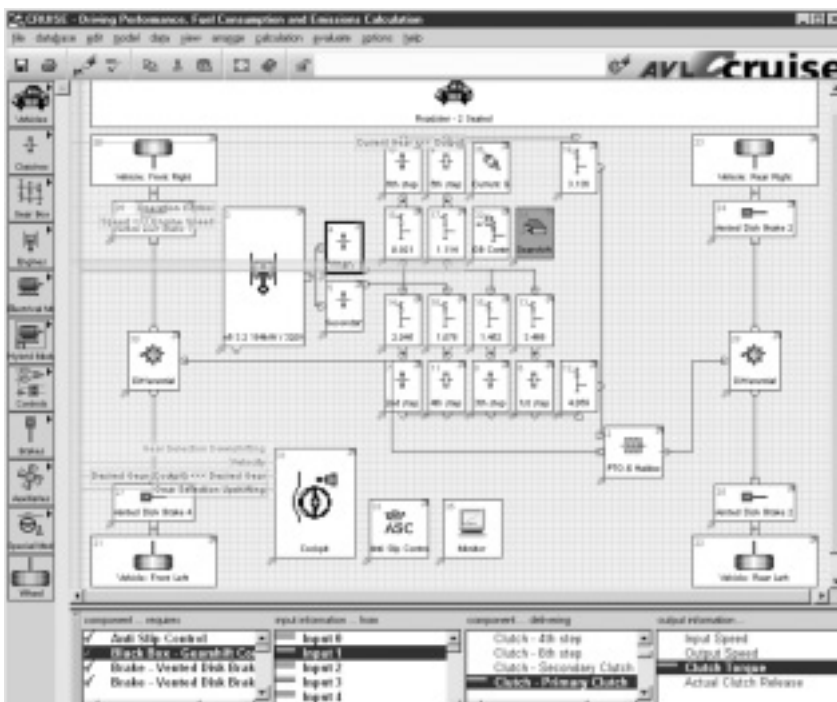


Figure 3: Concept simulation of the vehicle with dual clutch transmission in Cruise

complex technical task particularly in the case of a dual clutch transmission. It seems to be no less complex to describe and assess the human perceptions of the people in the vehicle during this usually very short dri-

ving condition to a satisfactory level. The shifting behaviour, however, is gaining significance with the increasing automation and the growing number of different engine-transmission combinations.

4.1 Concept Simulation of the Vehicle and the Powertrain

In the project that serves as the basis for this article, a vehicle and its powertrain with dual clutch transmission was modelled in AVL Cruise [13].

Figure 3 shows the modelling environment of the simulation tool for the concept simulation with the powertrain model. To account for the specific requirements to the development of a dual clutch transmission like shifting comfort and transmission acoustics, very special effort was invested into the transmission structure model.

The basic mechanical structure of the engine is comparatively inferior. The quantity that is of prime interest in this application is the engine's torque behaviour, which was modelled in detail through the simulation of the charge dynamics and the thermodynamic engine process within the depicted engine model block with particular focus on potentially critical transient characteristics.

The powertrain that was modelled in this project belongs to the recently launched family of four-wheel drive vehicles with dual-clutch transmission. Within the model, the gearbox can be recognized by its two parallel clutches, the six gearsteps that can be selected via dog clutches, and the two different axle-ratios. The reverse gear was not modelled since it has no relevance for the investigated effects.

The control logic model can be seen in the lower part of Figure 3. It is at least as important as the functional structure model of the powertrain mechanics, since this is where the logical links between the individual information channels of all the vehicle components are specified. Just like in the real vehicle, this enables the TCU to take decisions based on various sensor signals and to subsequently control the shifting process via the responsible actors.

The results of a power on up-shift from the first into the second gear under full-load conditions and the corresponding Drive marks are depicted in Figure 4 and Figure 5. Due to its high dynamics, this shift manoeuvre is very well suited as an illustrative example. Besides the high engine torque and the particularly strong influence of moments of inertia in lower gears, the energy that is converted through wheel slip is lower in all-wheel-driven vehicles due to their better traction.

A critical issue during a shift without interruption of traction is that the engine's kinetic energy has a highly effective influence on vehicle acceleration and thus on the riding comfort. Due to the facts that especially sporty drivers appreciate short

4.1 Concept Simulation of the Vehicle and the Powertrain

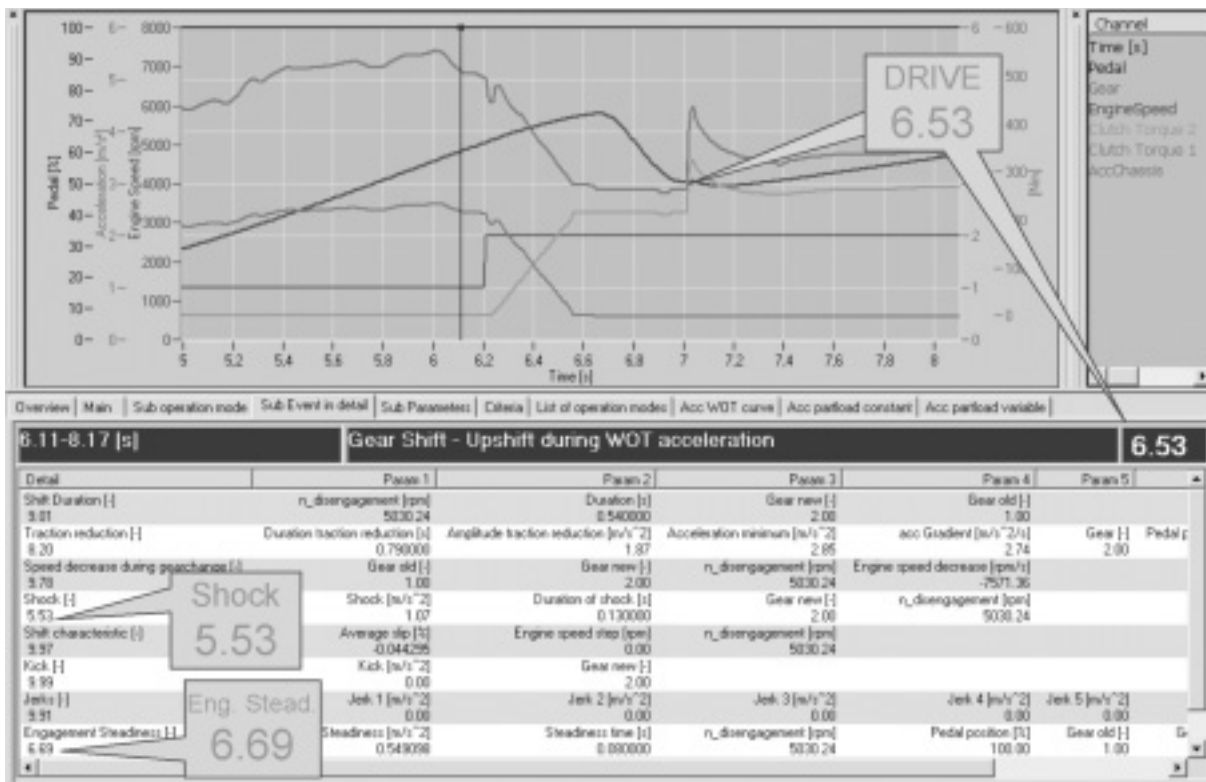


Figure 4 : Averagely well calibrated power on up-shift in the concept simulation with Drive-assessment

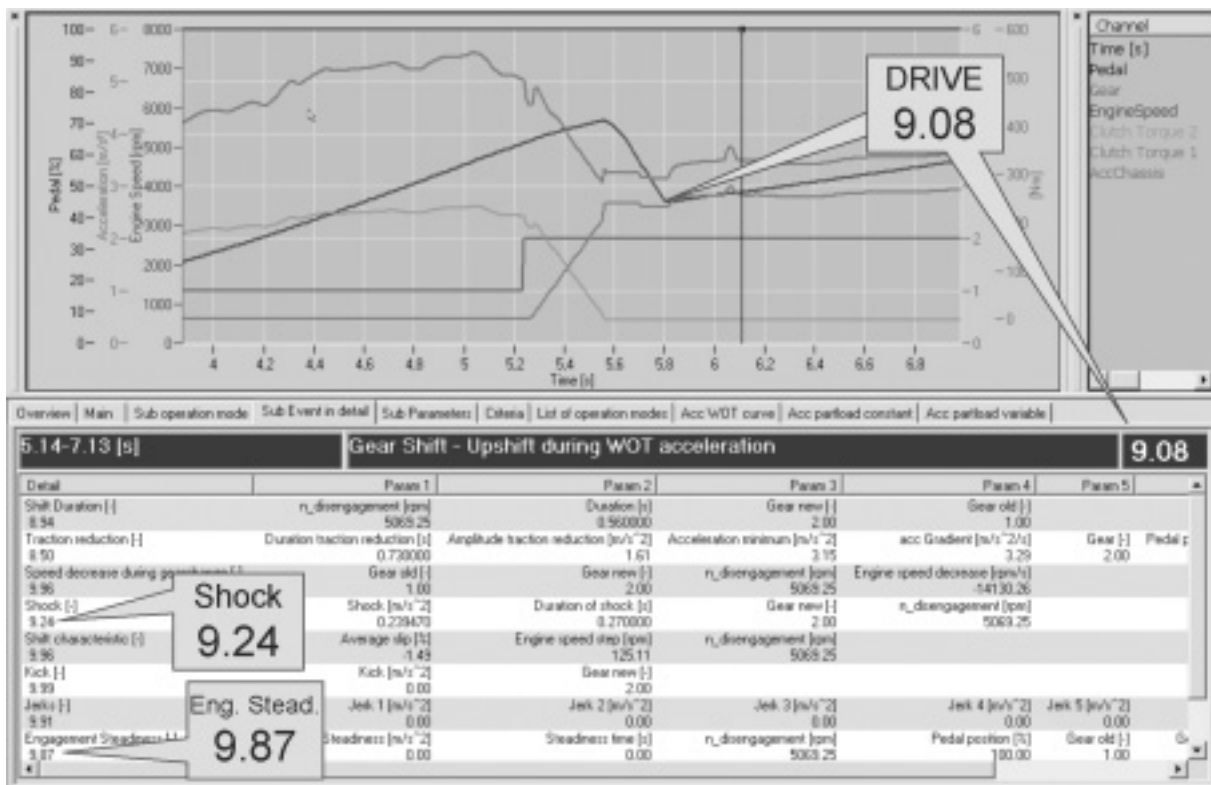


Figure 5: Well calibrated power on up-shift in the concept simulation with Drive-assessment

shifting times and the transmission's hardware components have to be protected, the time needed for clutch synchronization needs to be adequately short. Therefore the engine speed gradients and thus the torque coming from the mass inertia are very high. To avoid this, the engine torque has to be lowered briefly and in time.

The timing of all the different actions is the greatest challenge in transmission calibration for maximum drivability. As an example, the effects of an incomplete control of torque lowering become very well visible in Figure4 when it is compared to Figure 5. The induced engine speed gradients result in an acceleration impulse at the end of the shifting process, much to the driver's discomfort.

The earlier mentioned AVL Drive tool was used for the objective quantitative verification of simulation results with in-vehicle measurements and measurements from the chassis-dyno and various kinds of component testbeds. Drive can be installed in the vehicle, at the testbed and within the concept simulation environment, in order to produce objective assessments of driving manoeuvres using marks that range from 1 (poorest) over 7 (limit of acceptance, i.e., the

4.2 Real-time Simulation of the Vehicle and the Powertrain on the Testbed

Figure 6: Puma Open transmission testbed with Prime Mover

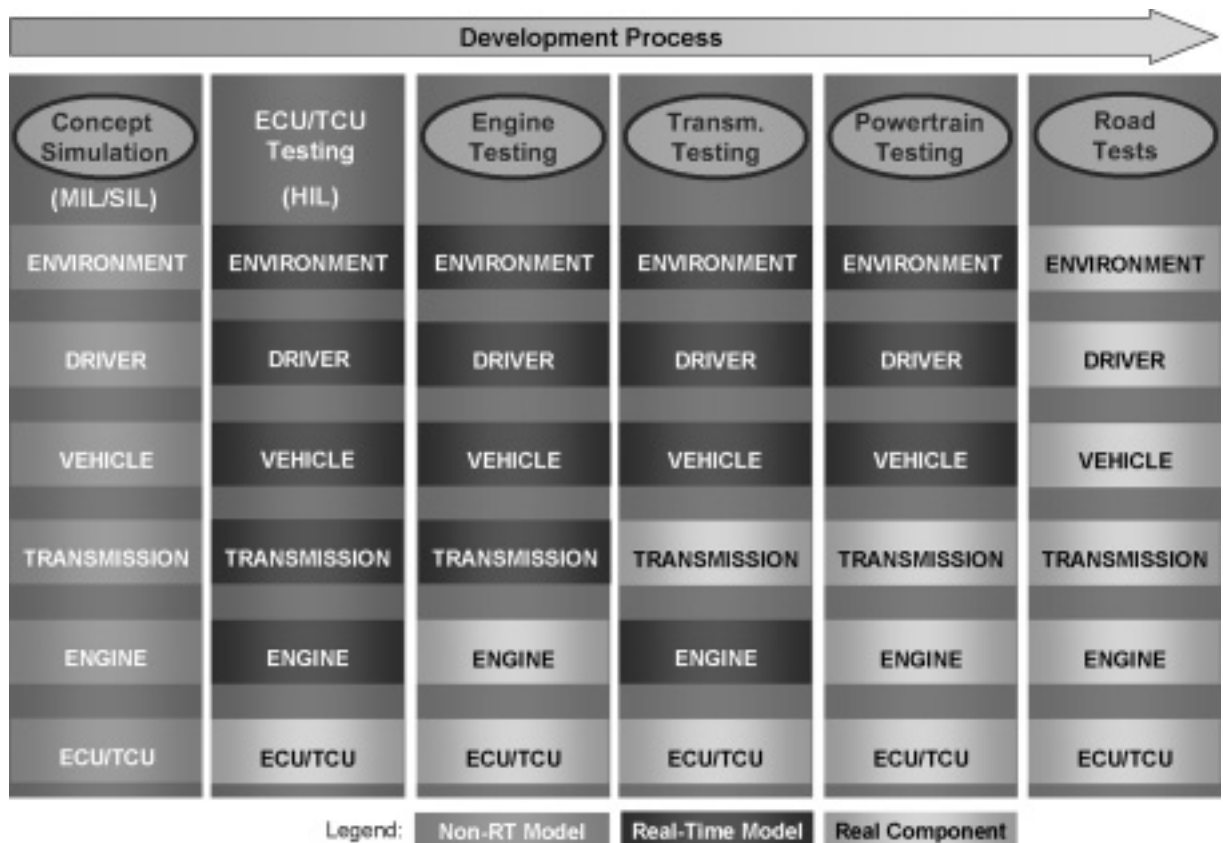
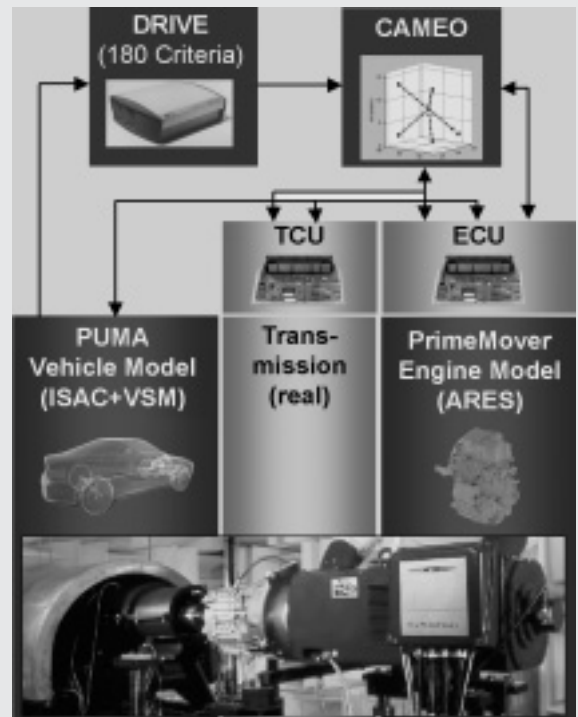


Figure 7: Seamless model library to provide support during all process phases

4.2 Real-time Simulation of the Vehicle and the Powertrain on the Testbed

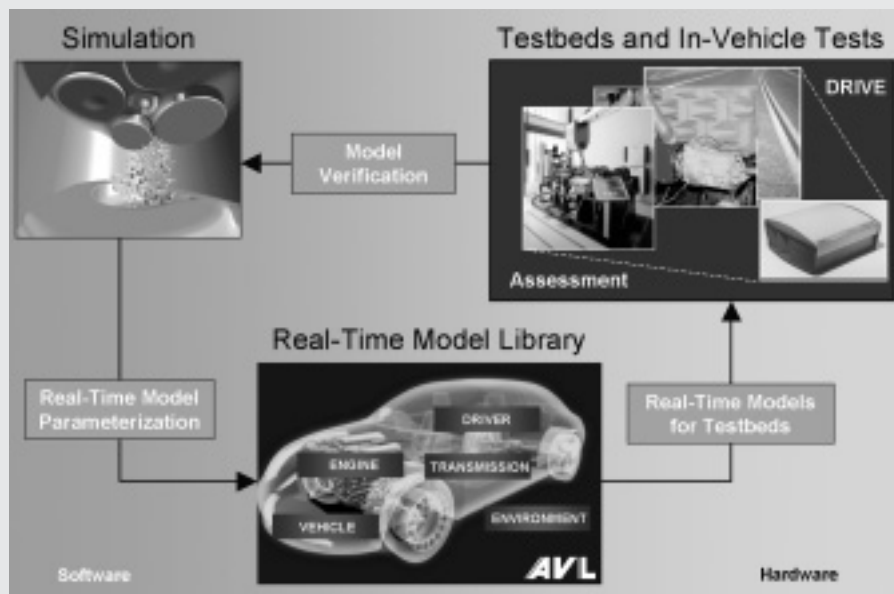


Figure 8: Method for the derivation of real-time models from CAE-models

vehicle has minor weaknesses) up to 10 (best). In the presented case, Drive rates the power on up-shift in Figure 4 with 6,53, while it “rewards” the acceleration behaviour of the vehicle model with the improved calibration with 9,08.

The effect that is decisive for the worse grading is denoted “shock” in Figure 4. It describes the engagement jerk, which is strongly perceived by the driver due to the particularly high gradient of the longitudinal vehicle acceleration. The second individual criterion that is highlighted in the Figures 4 and 5 is the engagement steadiness, which assesses the effective amplitude of the high-frequency components of the acceleration signal.

With such an investigation it is thus possible to assess and protect concepts very early in the process, and to derive essential prerequisites and requirements for their implementations. For that purpose, a relative Drive assessment is mostly sufficient, since the absolute correspondence of Drive-marks from the vehicle and the simulation is neither possible nor meaningful due to the enormous amount of factors that influence the drivability.

4.2 Real-time Simulation of the Vehicle and the Powertrain on the Testbed

In the next step the transmission was operated on an AVL Puma Open ISAC transmission testbed with a simulated combustion engine. **Figure 6** shows the schematic test-

bed configuration. A dynamic dynamometer was used as the load unit, which also simulated the dynamic vehicle behaviour. The engine characteristics that are relevant for the transmission tests were simulated using an AVL Prime Mover, which is a permanent magnet excited synchronous machine with an extremely low real mass inertia and a simulated mass inertia that is equal to the engine’s mass inertia. If comfort effects whose frequencies exceed the testbed’s maximum frequency shall be imitated, one can extend this testbed configuration by the highly dynamic vehicle real-time simulation model VSM [14].

In this process phase it is mostly reasonable to have both the engine and transmission control units available as real hardware, even if the engine itself is not yet available. This is due to the fact that both these electronic control units strongly interact – especially during shifting manoeuvres. In the case at hand, the missing engine is simulated in real-time with AVL ARES [15]. ARES simulates the engine’s behaviour based on the laws of thermodynamics. The ECU can thus behave like it would in a real engine.

AVL Cameo can be used to automate ECU and/or TCU parameter optimisation for drivability calibration in this configuration [16,17]. Cameo communicates with the testbed and the control units, and conducts parameter variations according to configurable strategies that are targeted towards the optimisation of criteria like comfort,

performance, fuel consumption and emissions under certain restrictions. Like AVL Drive it can be identically operated within a pure simulation environment, at various kinds of testbeds, and in the vehicle.

If only the engine is available, and not the transmission, the whole drivetrain could be simulated on the dynamic engine testbed with AVL ISAC. The entire transmission including the shifting points and shifting process is then simulated. ISAC also covers the simulation of all the missing components (vehicle, driver and environment), including the contact between the tyre and the road using a real-time wheel slip model [18].

Later, when both the engine and the transmission become available, they can be calibrated together at a highly dynamic powertrain testbed, like again for example AVL Puma Open with ISAC. AVL Drive and AVL Cameo can be used in both these configurations exactly like it was shown above for the transmission testbed.

Figure 7 illustrates the process phases that this article is predominantly dealing with by showing the required components of the vehicle and its environment for every single phase with a colour encoding for real components, real-time models and non-real-time models. The simulations in all these phases are heavily coined by the real-time requirements to the models and tools. The meaning of this term is determined by the way the electronic control units are integrated into the simulation

4.3 In-Vehicle Verification

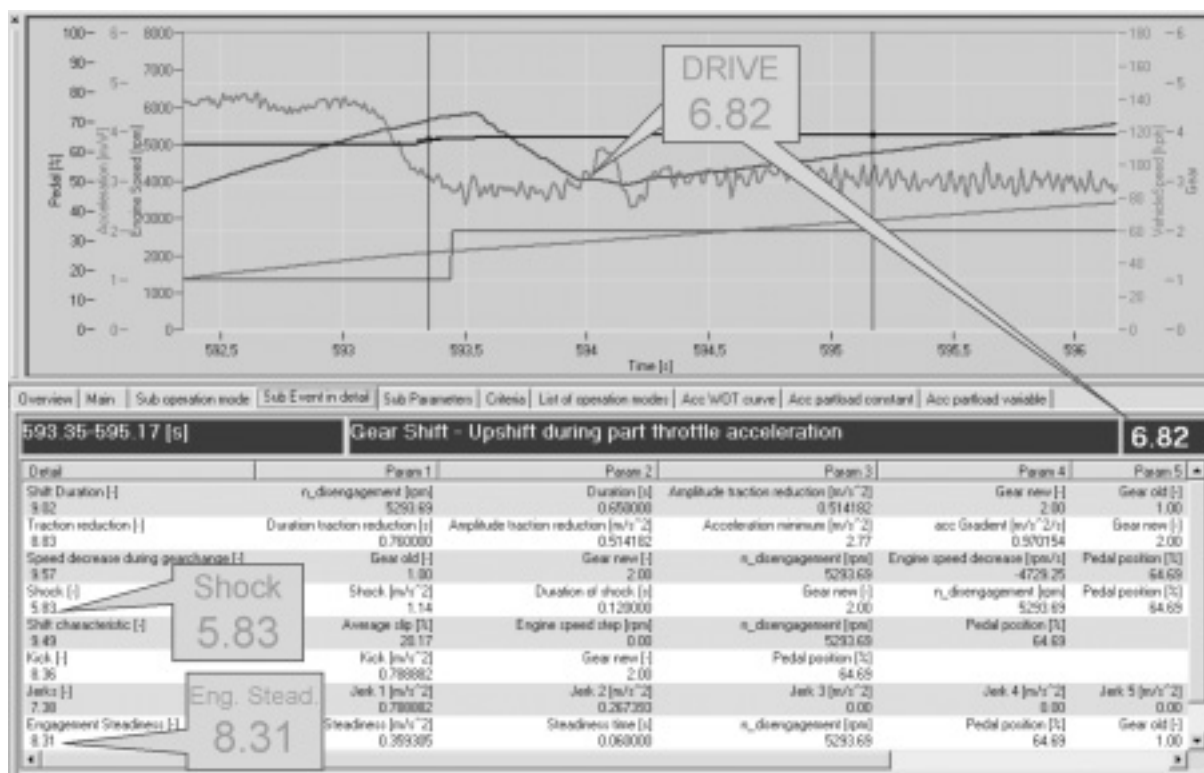


Figure 9: Averagely calibrated power on up-shift in vehicle test with Drive-assessment

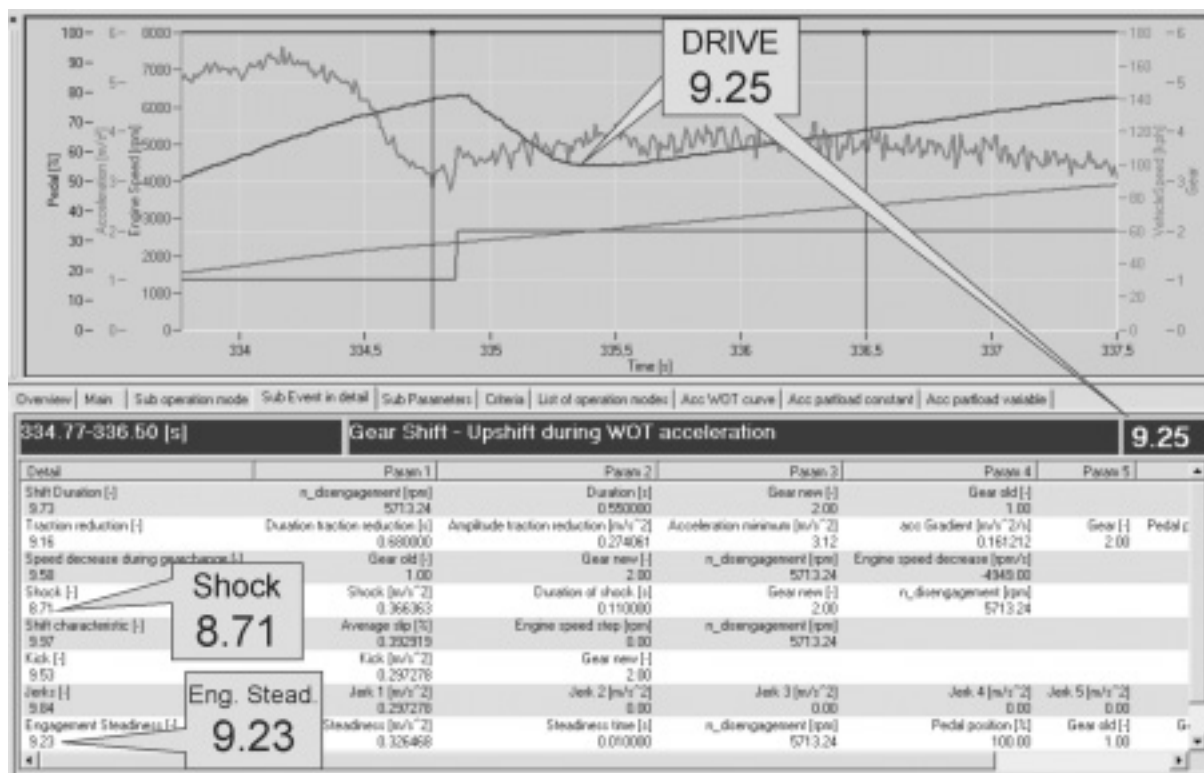


Figure 10: Well calibrated power on up-shift in vehicle test with Drive-assessment

loop. In MIL (Model-in-the-Loop) and SIL (Software-in-the-Loop) environments, all the control units are simulated. In the former, the control unit's logic is implemented in simulation models (typically in MATLAB/Simulink) that are integrated into the simulation of the whole system. In the latter, the coding of the unit's software is already identical to the software in the real hardware unit. Instead of the real ECU-hardware, however, a computer (typically a standard PC) is used as execution platform. MIL is thus primarily used to principally verify the correctness of ECU functions, while the correctness of implementation can only be verified in a SIL environment.

In a HIL (Hardware-in-the-Loop) environment, there is at least one real control unit integrated into the control loop. Within this loop all the simulation models have to be real-time capable, where real-time is determined by the cycle time of the fastest control loop. This implies cycle times between 0,5 and 2 ms in engine simulations, and between 2 and 10 ms for transmission control units. Since neither today nor in the foreseeable future, the processing power of computer systems is – or will be – sufficient to calculate CAE-models in such time steps, dedicated real-time capable models have to be created for every component that has to be simulated. Aiming at a seamless modelling environment, these models should be created only by derivation from the corresponding CAE-models to make sure that the CAE-models can be used for their parameterisation.

The ideal process, **Figure 8**, dictates that the CAE-models that are created early in the process shall act as the single source for all the models that become available later in regard of the data and the simulated effects. This approach assures the consistency of all the models.

In this context, the derivation of real-time models from CAE-models means the target-oriented simplification or re-structuring of CAE-models with respect to the speed and security of their calculation. This for instance includes the mapping of physical laws to maps that can be instantly evaluated during simulation. The maps get their data from CAE-model calculations. Another means that is typically applied is the replacement of algorithms that use variable integration step widths by fixed-step solvers.

The most important application of HIL testbeds is currently the test of electronic control units, which already today is very often highly automated.

4.3 In-Vehicle Verification

Subsequent to the tests, calibrations and assessments at various kinds of testbeds

the in-vehicle road tests are performed for verification.

Figure 9 and **Figure 10** show examples of measurement results acquired with AVL Drive in the vehicle. The lower assessed calibration was the basis for **Figure 9** while the higher assessed calibration led to **Figure 10**. Thus, **Figure 9** corresponds to **Figure 4** and **Figure 10** to **Figure 5** from the concept simulation. The quality of the concept simulation is primarily determined by the correct modelling of all the real effects that are relevant for the phenomenon that shall be calibrated. Both the very good qualitative coincidence between the decisive quantities vehicle acceleration and engine speed and the very similar Drive marks for the power on up-shift. The match between the marks for the individual criteria is also convincing.

5 Summary

It is of great importance to both the vehicle manufacturer and his suppliers that all vehicle components can be represented at arbitrary points within the development process – either as real hardware or virtually as software. Simulation models have to be available in multiple modelling depths to fulfil the different requirements to calculation speed in every phase and to fit to the available computer platforms. The syntactic and semantic compatibility of the models is an important precondition to assure the profitability of the virtual product development process. A further requirement is that the development tools can be used in real and virtual environments to the same degree. With respect to this target, proper simulation models, tools and effective methodologies have successfully been introduced and implemented in the virtual development process of modern vehicle powertrains.

References

- [1] Knott, T.; Hopf, M.; Hennig, H.: Der Audi A2 – Wegbereiter des virtuellen Prototypenaufbaus. In: ATZ/MTZ-Sonderheft 3/00 – „Der neue Audi A2“; S. 36-42
- [2] Koytek, T.; Gaube, O.: Digital Mockup im weltweiten Entwicklungsverbund zwischen Zulieferer und Hersteller. VDI Tagung „Virtuelle Produktentstehung“, 1999
- [3] Moebius, T.; Spies, R.: Produktentwicklung mit Digital Mock-Up – Der neue Audi A4. In: ATZ/MTZ-Sonderheft 11/00 – „Der neue Audi A4“, S. 33-35
- [4] Krastel, M.: Integration multidisziplinärer Simulations- und Berechnungsmodelle in PDM-Systeme. Darmstadt, Technische Universität, Dissertation, 2002
- [5] Fischer, R.; Hasewend, W.; Kriegler, W.; Pfeiffer, K.: Unterstützung der Getriebeentwicklung durch modernste Methoden und Werkzeuge. 2. Internationales IIR Symposium Innovative Fahrzeug-Getriebe, Mainz, 2003

- [6] Fischer, R.: Powertrain ist mehr als Motor. 15. Internationale AVL Tagung Motor & Umwelt, Graz, 2003
- [7] Schöggel, P.; Ramschak, E.; Bogner, E.; Dank, M.: Driveability Design: Entwicklung eines kundenspezifischen Fahrzeugcharakters. In: ATZ 103 (2001), Nr. 3, S. 186-195
- [8] Bogner, E.; Dobes, T.; Machtlinger, R.; Schöggel, P.: Objektive Bewertung der Schaltqualität. IIR Fachkonferenz Getriebeelektronik, Regensburg, 2003
- [9] Fortuna, T.; Mayer, M.; Pflügl, H.; Gschweidl, K.: Optimierung von Verbrennungsmotoren mit DoE und CAMEO. HDT - 2. Tagung DoE in der Motorenentwicklung, Berlin, 2003
- [10] Apschner, M.; Hauser, G.: PUMA Open: Prüfsystem für Motor und Antriebsstrang. In: MTZ 103 (2001), Nr. 3, S. 228-234
- [11] Herbst, R.: Marktchancen von Doppelkupplungsgetrieben. In: ATZ 106 (2004), Nr. 2, S. 106-116
- [12] Bartsch, C.: Doppelkupplungsgetriebe – Der Stand der Entwicklung. In: ATZ 105 (2003), Nr. 2, S. 122-126
- [13] Hasewend, W.: AVL CRUISE – Fahrleistungs- und Verbrauchssimulation. In: ATZ 103 (2001), Nr. 5, S. 382-392
- [14] Schöggel, P.; Dank, M.: Vehicle and Engine Dynamics: Simulation, Objective Evaluation and Virtual Development. SIA 12ème Congrès sur la Dynamique du Véhicule, 2003, Lyon
- [15] Ellinger, R.: Integration of AVL's High-Fidelity Real-Time Engine Model into ETAS LabCar – Motivation, Experiences and First Results. ETAS Competence Exchange Symposium 2002, Stuttgart, 2002
- [16] Fischer, R.; Schöggel, P.; Hasewend, W.; Ellinger, R.: Getriebeentwicklung mit objektiven Komfortzielen und Verfahren zur virtuellen Optimierung. VDI-Tagung „Getriebe in Fahrzeugen 2004“, Friedrichshafen, 2004
- [17] Ramschak, E.; Schöggel, P.; Gallacher, A.; Brustolin, G.: CAMEO and DRIVE: New Software Tools for the Calibration of Engine Control Units at the Test Bench. ATA 2001: The Role of Experimentation in the Automotive Product Development Process, Florenz, Italien, 2001
- [18] Brodbeck, P.; Pfeiffer, M.; Germann, S.; Schyr, C.; Ludemann, S.: Verbesserung der Simulationsgüte von Antriebsstrangprüfständen mittels Reifenschlupfsimulation. VDI-Tagung „Getriebe in Fahrzeugen 2001“, Friedrichshafen, 2001