



UMR 5272

Projet
Contrat quadriennal
2011-2014



Préambule

Le laboratoire G-SCOP est depuis le 1^{er} janvier 2007 sous la double tutelle locale de Grenoble INP (établissement porteur) et de l'Université J. Fourier (UJF). Ce double rattachement est important pour le laboratoire puisque 2/3 des personnels universitaires dépendent de Grenoble INP et 1/3 dépend de l'UJF.

Pour le prochain contrat quadriennal, les présidences des 2 établissements ont proposé, notamment pour répondre aux recommandations du rapport d'Aubert, que nous ayons une seule tutelle, Grenoble INP en l'occurrence, l'UJF étant partenaire dans le cadre d'une convention à définir.

Cette situation inquiète les personnels du laboratoire G-SCOP, qui souhaitent un maximum de mixité et une participation des 2 établissements au pilotage de l'unité.

En conséquence le laboratoire est co-signataire du texte ci-dessous :

Les Directeurs d'Unités sous-signés estiment que la contractualisation auprès de l'EPCS (et dès que possible auprès de l'Université de Grenoble) des laboratoires et fédérations partagés est la seule alternative permettant l'élaboration d'une stratégie de site qui soit à la mesure de l'ambition légitime du bassin Grenoblois. Pour le quadriennal 2011-2014, ils demandent donc que l'unité dont ils ont la responsabilité soit contractualisée auprès de l'EPCS (et à terme de l'Université de Grenoble).

Signataires : Christophe Baudet (DU LEGI), , Benoît Boulanger (Néel), Philippe Cardin (porteur du projet ISTerre = LGIT + LGCA), Alain Cartellier (DU LEGI sortant), Jean-Marc Chassery (GIPSA-lab), Joël Cibert (Néel), Jacques Desrues (DU 3S-R), Thierry Dombre (DU LSP), Alain Fontaine (Néel), Yannick Frein (DU G-SCOP), Nicolas Halbwachs (Verimag), Olivier Joubert (LTM), Laurent Levy (FMN), André Sulpice (Néel), Bart van Tiggelen (DU LPMMC), Eric Vieil (DU LEPMI).

Ce projet comprend 3 parties, conformément aux recommandations de l'AERES. Dans une 1^{ère} partie, nous présentons notre auto-analyse du laboratoire. Puis, dans une 2^{ème} partie, nous décrivons le projet scientifique du laboratoire, tout d'abord au niveau des objectifs et approches pour l'ensemble du laboratoire suivi de la description des projets de chacun des 6 domaines de compétence. Nous décrivons enfin, dans une 3^{ème} partie, notre vision de l'adéquation des moyens humains et financiers de l'unité avec le projet.

1^{ère} partie : Auto-Analyse

Points forts

- **Très bonne visibilité régionale, nationale et internationale.**

G-SCOP est le plus gros laboratoire français sur les systèmes de production et d'ailleurs la seule UMR CNRS mettant aussi clairement comme point central les systèmes de production.

Des membres de G-SCOP assument des responsabilités au niveau régional (responsabilité du cluster GOSPI), au niveau national (GdR MACS, GdR RO, ROADEF, AIP-Primeca), et enfin au niveau international (projet Marie-Curie ADONET, réseau d'excellence VRL KCiP transformé en l'association EMIRacle, réseau d'excellence Aim@shape ; membres des communautés ADONET, Euro- WG Ecco ; de nombreux invités prestigieux sont accueillis notamment par le DC OC).

Nous avons été sollicités à différentes reprises pour organiser des conférences dans nos domaines, que ce soit au niveau français ou international.

- **Pluridisciplinarité.**

Le spectre disciplinaire est très riche, avec d'excellentes complémentarités, et il y a une réelle volonté des membres G-SCOP de développer des collaborations entre disciplines, volonté facilitée par le fait d'être implantés sur un site unique. De plus, l'histoire du site grenoblois nous donne beaucoup d'atouts pour travailler avec les collègues des disciplines Sciences Humaines et Sciences de Gestion et Economiques.

- **De bons indicateurs.**

Le nombre de publications dans des revues internationales de type ACL par personne et par an est de 0,81 sur « 2005-2008 » (0,94 sur janvier 2005 à juin 2009) et en forte croissance par rapport au précédent contrat quadriennal. Si on compte toutes les revues internationales, il est de 1,06 sur la période « janvier 2005 - juin 2009 ». Le nombre de doctorants est satisfaisant, avec de plus de très bons candidats. Le placement post-doctorat de ces étudiants est excellent. Notre activité partenariale est satisfaisante et diversifiée (financements institutionnels au niveau français et européen - ANR, FUI, 6^{ème} et 7^{ème} PCRD – et contrats bilatéraux avec des industriels). Plusieurs des membres du laboratoire ont été récompensés (prix de thèse, papiers primés,...).

- **Lien recherche – formation - plate-forme expérimentale.**

Nous sommes fortement liés à une école de référence dans le domaine du Génie industriel (école Génie industriel de Grenoble INP) ce qui permet d'assurer une bonne synergie enseignement-recherche. Nous avons aussi plusieurs enseignants dans d'autres écoles de Grenoble INP ou composantes de l'UJF, nous permettant de garder des liens forts avec des formations de type mécanique, informatique, énergie,... Ceci est très important pour les thématiques du laboratoire. Enfin nous sommes très actifs dans l'AIP-Primeca Dauphiné-Savoie et plus particulièrement sur la plate-forme GI-Nova.

Points faibles

- **Transversalité.**

Notre transversalité (pas de domaine d'application privilégiée) ne nous met pas en situation favorable pour être acteur central dans un dispositif institutionnel fort (RTRA, Institut Carnot, Pôle de compétitivité,...). De même, il est difficile d'établir des liens très forts et durables avec un secteur industriel particulier ce qui rend plus difficile l'établissement de contrats bilatéraux. Le nombre de ces contrats bilatéraux pourrait être augmenté.

- **Charges administratives**

Notre positionnement pluridisciplinaire alourdit les charges de gestion administratives (présence nécessaire dans les dispositifs des différentes communautés). De plus nos enseignants-chercheurs sont fortement mobilisés sur des charges pédagogiques (directeur d'une école de Grenoble INP, de l'UFR mécanique, de l'IUT de l'UJF,...), ce qui est bien sûr un atout pour le laboratoire, mais est aussi au détriment des temps recherche des personnes concernées.

- **Manque de personnel pour l'accompagnement des recherches (IATOS).**

A ce jour, nous n'avons que 2 personnes pour accompagner des projets de recherche (y compris la gestion du système d'information) et ceci depuis seulement le 1^{er} décembre 2008. Ceci pénalise fortement nos possibilités de développement expérimental et c'est clairement un point faible du laboratoire.

Opportunités

- Les récentes évolutions de la situation économique mondiale et la prise de conscience de la nécessité de penser à une croissance durable sont autant d'aiguillons pour une recherche en systèmes de production.
- Les systèmes de production sont l'un des 6 pôles de recherche de Grenoble INP ce qui donne une lisibilité certaine à nos travaux sur la place de Grenoble.
- La transversalité de notre thème de recherche a été mis en point faible, mais c'est aussi l'opportunité de pouvoir travailler dans de nombreux secteurs et ainsi confronter les meilleurs pratiques. Cela permet aussi de se saisir de nombreux secteurs dont l'importance socio-économique est considérable : micro-électronique, santé,...
- Les formations en génie industriel de haut niveau se sont fortement développées ces dernières années en France. Cela impose de développer conjointement la recherche et nous pensons être en position idéale pour en être un acteur majeur.
- La bonne lisibilité du laboratoire nous permet d'être très attractifs au niveau des concours de recrutement.

Risques

- La discipline génie industriel est récente en France, pas encore totalement intégrée dans les schémas des différentes tutelles nationales. Comme beaucoup de disciplines

récentes, elle fait encore l'objet de scepticisme chez certains. La structuration disciplinaire actuelle ne permet pas de positionnement aisé dans de nombreux dispositifs institutionnels.

- La politique actuelle du site grenoblois qui pourrait conduire à n'avoir qu'une seule tutelle locale nous inquiète fortement pour un laboratoire ayant 2/3 de ses personnels rattachés à Grenoble INP et 1/3 rattachés à l'UJF.
- La mise en place du dixième institut au CNRS fragilise le positionnement de notre laboratoire dont le spectre disciplinaire couvre les sections CNU 27, 60 et 61.
- La diminution de l'emploi industriel fragilise notre domaine applicatif privilégié.
- Le recrutement de doctorants de très bon niveau est plus difficile aujourd'hui qu'il y a quelques années, notamment à cause de la baisse des viviers des Masters Recherche.
- Le laboratoire a peu de départs à la retraite programmés et l'absence de créations de postes fait que les recrutements futurs reposent uniquement sur des redéploiements de postes. Or, au-delà de l'augmentation des effectifs, un flux régulier de postes est bien sûr essentiel pour la dynamique interne du laboratoire et un bon équilibre dans la pyramide des âges.

2^{ème} partie : Projets et objectifs scientifiques de l'unité

Cette 2^{ème} partie comprend 2 sous-parties. Tout d'abord nous donnons une vision transversale du projet G-SCOP pour le prochain contrat quadriennal, du point de vue des objets d'étude et des méthodologies déployées.

Notre projet part de l'analyse des évolutions considérables du monde industriel qui appellent des réflexions amont sur les nouveaux modes de production. Dans la partie A, nous décrivons donc tout d'abord notre analyse de ces évolutions (partie A-1) et en déduisons une ligne directrice de notre projet en termes d'objets d'étude (partie A-2) mais aussi en termes méthodologiques (partie A-3).

Dans la partie B, au regard de cette analyse, nous présentons les projets et objectifs des 6 équipes, bien sûr chacune dans son champ scientifique.

A Projet du laboratoire G-SCOP

A.1 Quelle vision de l'évolution des systèmes de production ?

Actuellement on ne peut aborder les systèmes de production et leur évolution sans faire référence à la « crise » qui ébranle nos économies. Dans cette crise, on parle beaucoup de crise financière, de bulle immobilière, mais tout compte fait, on parle peu du devenir des systèmes industriels et des systèmes de production sauf à faire le décompte des emplois supprimés et des fermetures d'usines. La question que l'on peut se poser est la suivante : est-ce qu'à la sortie de la crise, nous allons repartir sur les mêmes logiques industrielles qu'auparavant ou est-ce que la vision que nous avons des systèmes de production et de leur évolution va être radicalement changée ? Au final, que sera le paysage industriel au sortir de la crise mondiale ? Va-t-on vers des systèmes de production plus soutenables ?

Certaines tendances lourdes qui caractérisent le monde économique d'avant la crise sont encore accentuées par la crise financière :

- la forte croissance des pays émergents entraîne une tension non régulée sur le marché des matières premières dans un monde où la finitude des ressources naturelles est maintenant avérée,
- l'ouverture et la modification des termes des échanges avec leurs lourdes conséquences sur certains transferts d'activité (le premier AIRBUS assemblé en Chine vient de sortir) dans un monde où le coût du transport ne peut qu'augmenter,
- la redistribution de plus en plus inégale des revenus aussi bien au niveau national qu'international créant des marchés régionaux différenciés,

- les nuisances sur l'environnement, dont la prise en compte est devenue incontournable pour les futurs modèles de développement et qui se retrouvent déjà largement traduites dans la demande sociétale.

Les entreprises et les systèmes de production seraient donc pris dans un nouveau jeu, encore plus complexe qu'auparavant et combinant contraintes et objectifs d'un autre ordre :

- d'abord celui des actionnaires aux exigences renforcées (monde de la rentabilité et de l'efficacité immédiate) ce qui conduit à repenser les notions de **performance** et d'efficacité pour faire tenir court terme et long terme, et qui modifie certains choix d'investissement pour aller vers des modèles moins capitalistiques et plus agiles,
- renforcement des phénomènes de mise en **réseau** des firmes et éclatement géographique des activités, ce qui est à la fois source d'efficacité, riche d'innovation mais aussi source de fragilité,
- exigence de pilotage par l'aval pour intégrer et jouer avec les exigences du **client**, mais en intégrant le fait que dans les sociétés occidentales, c'est une nouvelle approche du consumérisme qu'il faut développer, alors que dans d'autres sociétés, c'est celle de la solvabilité des nouveaux consommateurs potentiels qu'il faut résoudre,
- intégration et prise en compte, encore plus prégnante, des enjeux environnementaux et plus largement de ceux liées à la thématique du développement durable dans toutes ses dimensions : économique, sociale et environnementale.

Les trois premiers points (performance, réseau, clients) seront développés ci-dessous ; le quatrième (développement durable) est plus transversal et finalement présent dans les trois premiers points.

A.1.1 La performance

Les ressorts de l'efficacité, et in fine de la compétitivité sont plus complexes qu'il n'y paraît. Tout d'abord, il convient de relativiser l'approche par les coûts au regard des attentes des consommateurs, car l'essentiel de la compétitivité sur de nombreux marchés se joue sur la qualité des produits, sur la variété, sur la richesse des services qui y sont associés et sur leur degré d'innovation. Or, on n'obtient pas de la même manière une réduction des coûts et une amélioration de la qualité. Dans le second cas, il faut surtout travailler sur la nature et la qualité des relations des acteurs de la chaîne de valeur, qu'ils soient à l'intérieur ou à l'extérieur de l'entreprise. C'est pourquoi dans un tel système il n'est pas inconcevable de produire à la fois mieux et moins cher avec des ressources plus coûteuses. L'approche par les coûts est sans doute celle qui a dominé à l'époque de la production de masse, c'est beaucoup moins le cas actuellement.

Si on estime que l'efficacité globale des firmes est très liée à la qualité de leur réseau (thème de l'entreprise éclatée ou étendue), on peut admettre que l'entreprise est sans cesse menacée par la plus ou moins grande précarité des liens : nous avons donc à prendre en compte cette nouvelle source d'incertitude.

A.1.2 L'émergence et la co-existence de nouveaux modèles de la firme et de ses réseaux

Dans des travaux antérieurs, on avait souligné que l'atteinte des performances locales ne suffisait pas à garantir la performance globale de l'entreprise. Il est nécessaire de tenir compte de l'emboîtement, et de la nécessaire coordination des différents centres de décision, internes

et externes. Les modélisations en termes de processus et d'activité ont fourni de bons supports en permettant de rompre avec la lecture traditionnelle de l'entreprise en termes de fonction pour mieux intégrer les processus créateurs de valeur.

Si on fait un bref rappel historique, on se souvient qu'à l'initiative des industriels japonais, on a assisté à une sévère mise en cause du modèle fordiste : prise en compte des flux et travail sur les processus, juste à temps, organisation participative du travail autour de l'idée d'amélioration continue, et plus récemment lean-production. Le Japon a ainsi réinventé les logiques de production et nos travaux de recherche en ont été durablement marqués. Nous avons eu ensuite les modèles où l'accent était mis sur l'innovation et moins sur la rationalisation de la production. On se plaît aujourd'hui à caractériser certains secteurs par leur capacité à faire de « l'innovation intensive », mais on voit aussi émerger de nouveaux modèles à l'image des nouveaux champions industriels venus de l'Inde, de la Chine, de la Corée ou de l'Amérique latine.

La géographie des activités productives est durablement modifiée, mais la globalisation, on l'aura compris, est autre chose que l'internationalisation, où en quelque sorte on exportait nos modèles avec tous les dégâts que cela a pu causer, notamment en matière d'atteinte à l'environnement. Ceci nous oblige maintenant à repenser la conception de nos produits, leur fabrication et leur distribution.

Il n'y a donc pas un modèle, mais différents modèles qui cohabitent : il nous appartient d'identifier, de caractériser et de comprendre la variété de ces modèles, de voir comment ils s'ajustent, tout en contribuant à les faire évoluer et à fournir aux industriels de nouveaux modèles et de nouveaux outils pour l'action.

A.1.3 La relation aux clients est porteuse de nouveaux modèles sur l'articulation client/système de production

Sans doute faut-il, sur ce thème, aller au delà du seul constat : les clients sont versatiles, ils sont imprévisibles et veulent de la variété. Il faut également être prudent quand on dit que c'est la fin de la consommation de masse. C'est sans doute vrai pour les pays occidentaux au fort pouvoir d'achat, ce n'est sans doute pas vrai pour la moitié de l'humanité où les besoins essentiels ne sont pas encore couverts. Nous avons donc à prendre en compte une variété de situations et tout intérêt à comprendre comment fonctionnent différents modèles du couple consommateur/système de production.

Avec l'arrivée de la figure du consommateur citoyen, qui a le souci de l'impact environnemental des biens achetés, qui cherche des produits dépouillés de fonctions inutiles, mais qui porte une plus grande attention aux services qui environnent les produits, on rentre dans une nouvelle relation. Cette relation peut largement influencer nos modèles industriels et la façon dont on conçoit les produits et les services associés. Une plus grande attention est ainsi portée à la valeur attendue des produits. Dans ce cas, il faut sans doute inventer un nouveau modèle de production et un nouveau modèle de consommation, c'est en tout cas particulièrement vrai pour les sociétés occidentales.

On peut également imaginer une conception non plus pilotée par les coûts (le design to cost), mais une conception orientée vers la solvabilité des clients : design to customer (exemple de la LOGAN et de la Nano de TATA), ce qui est plus pertinent pour les pays émergents où les besoins d'équipement sont immenses (marchés intérieurs indien et chinois), mais où il faut

penser la solvabilité des acheteurs potentiels, ce qu'avait réussi le modèle fordiste qui combinait élévation des gains de productivité et élévation du pouvoir d'achat.

Tous ces points ne sont pas de même nature, et ne relèvent pas tous des compétences du laboratoire, mais il nous appartient, sans doute avec d'autres partenaires venant d'autres horizons disciplinaires, comme les gestionnaires, les économistes et les sociologues, de les identifier, d'en préciser les contours et de voir comment nos travaux, nos modèles et nos outils sont porteurs de nouvelles connaissances sur ces phénomènes. Ainsi, l'entrée par le développement durable est-elle susceptible de changer nos modèles de conception des produits et des systèmes de production ? Va-t-on vers un simple ajustement dans une logique amélioration/optimisation, ou va-t-on vers une remise en cause de ces modèles ? On peut considérer que l'une des voies de sortie serait de mettre la problématique de la connaissance au cœur de nos sociétés. On basculerait ainsi vers une économie de la connaissance qui érigerait le savoir, non plus comme un facteur de production, mais comme une production à part entière. Ainsi l'innovation ne serait plus vue comme l'étape ultime d'accumulation ou de traduction de valeurs, mais deviendrait en soi un processus continu essentiel au positionnement concurrentiel des entreprises et à leur performance. Vu sous cet angle, le processus d'innovation prend une toute autre place, il faut le voir comme un processus de production de nouvelles connaissances. C'est pourquoi les travaux dans le domaine du knowledge management sont devenus stratégiques et c'est pourquoi de nouvelles théories de la conception doivent être développées.

A.2 De nouvelles questions au cœur de l'activité de G-SCOP pour le prochain contrat quadriennal

A partir de cette analyse nous allons préciser comment le laboratoire entend développer sa contribution en pointant à la fois des axes de recherche et de nouveaux champs d'investigation jusqu'ici peu abordés par le laboratoire. Nous développons ainsi par la suite :

- un axe sur les systèmes de production soutenable à la lumière de ce que l'on sait maintenant sur les atteintes à l'environnement et la finitude de nos ressources,
- un axe sur l'entreprise réseau et les activités distribuées,
- de nouveaux champs d'investigation dans le domaine de la micro électronique, dans le secteur de la santé, et dans celui du pilotage et de la gestion des flux énergétiques.

A.2.1 Pour des systèmes de production soutenable environnementalement

Les experts sont maintenant unanimes pour reconnaître d'une part l'influence de nos modes de production sur la dégradation de notre environnement, et d'autre part la finitude des matières premières naturelles. Ces deux défis imposent d'inventer de nouvelles organisations industrielles pour produire de manière soutenable.

Résumons les points devenus incontournables pour les nouveaux systèmes productifs :

- Meilleure gestion des ressources qui sont en quantité finie
- Fin de l'énergie bon marché et diminution obligatoire des émissions de CO₂
- Une pression qualitative importante de chaque client, en complément d'une attente sociale forte de produits *propres*
- Pas, ou peu et réglementé, d'émissions polluantes et de substances dangereuses

Les verrous scientifiques

Le laboratoire est spécialisé sur les méthodes et outils de la conception, de l'optimisation et de la gestion des produits et des systèmes de production. Il s'agit d'inventer des organisations industrielles et des produits avec un très fort potentiel environnemental.

Nous proposons d'investir ce champ de recherche à partir de trois concepts complémentaires :

- Les produits et systèmes éco-conçus. Il s'agit d'inventer les méthodes, et les outils associés, d'évaluation, d'aide à la décision, de pilotage s'appuyant sur des objectifs environnementaux compatibles avec les performances économiques et sociales admises. La nature des performances environnementales nécessite de repenser la nature des modèles et les pratiques de décision.
- Les services en dépassement des produits. La transformation industrielle est inéluctable : passer de vendre un produit à fournir un service appelle des organisations et des compétences différentes et questionne les modèles d'entreprise et de valeur.
- La réutilisation. Il s'agit d'inventer les mécanismes de recyclage les plus performants, permettant en particulier de mieux gérer la valeur ajoutée et les flux induits en « augmentant » la frontière des systèmes de référence. Les concepts de fin d'usage, de dé-fabrication/re-fabrication sont essentiels.

Nous adressons toujours les deux niveaux complémentaires :

- Penser les nouvelles organisations des systèmes de production et architectures des produits pour des innovations de rupture. Il s'agit de traiter les méthodes au niveau des concepts.
- Optimiser les systèmes et produits existants pour une meilleure valeur environnementale pour des innovations incrémentales. Il s'agit de méthodes de reconception et d'optimisation.

Domaines d'application

Nos travaux de recherche trouvent leur intérêt dans les applications. D'ores et déjà, nos travaux nous conduisent à nous intéresser aux produits manufacturiers et aux process, aux secteurs des transports, de l'énergie, de la micro-électronique et du bâtiment, aux systèmes de télécommunication et à l'organisation urbaine.

Les atouts G-SCOP

- Des expertises particulières sur chacune des parties prenantes d'un système de production et de l'ensemble de ses **situations de vie** : expertises sur les produits et leur conception, sur la gestion de la production, sur l'optimisation de la logistique et sur l'organisation des systèmes de production, permettant une **étude globale, complète et précise** des processus en jeu.
- Une expertise sur la conception, l'optimisation et la gestion des **systèmes** qui permet de traiter le problème au niveau de l'**innovation de systèmes** qui est le seul niveau permettant d'envisager les ruptures technologiques et organisationnelles nécessaires aux gains environnementaux que l'on est en droit d'attendre.
- Une expertise sur la **conduite de recherches pluridisciplinaires**, que ce soit à l'intérieur du laboratoire avec des chercheurs en automatique des SED, en génie mécanique et en recherche opérationnelle qui s'appuient sur des approches qui font fortement appel à de la modélisation, mais aussi avec des chercheurs de sciences humaines et sociales sur l'organisation industrielle, le management et le comportement humain.

A.2.2 Collaboration d'acteurs distribués.

La nouvelle donne industrielle décrite ci-dessus, notamment la mondialisation des marchés, la mondialisation des lieux de production et des centres de recherche et développement, la part de plus en plus importante des fournisseurs dans la valeur d'un produit ou d'un service ainsi que le recentrage des entreprises sur le cœur de leur activité, montre que de plus en plus d'acteurs doivent collaborer pour répondre aux besoins des clients. Ces acteurs sont souvent distribués géographiquement ; ils peuvent avoir des passés industriels, des métiers et des cultures différents. Ils peuvent être membres d'une même entreprise ou d'entreprises différentes. Ceci conduit à de nouvelles questions de recherche que ce soit en conception de produits ou gestion des systèmes, questions provenant de la complexité du système par le nombre, la distance et la disparité des acteurs.

Tout d'abord cette multiplicité des acteurs et des sites conduit à repenser fondamentalement l'activité de conception de produits en intégrant une dimension collaborative et distribuée. Cette dimension est à traiter non seulement au niveau inter-métiers mais également au niveau inter entreprise pour rendre compte de tous les acteurs impliqués dans la « design chain » support au processus de création de l'offre produit et /ou service. La performance se joue beaucoup dans la qualité des interfaces que les acteurs auront su mettre en œuvre au sein de cette chaîne. Ainsi, de nouveaux modes de communication, d'échange et de partage d'information, de coordination et de coopération entre acteurs sont à imaginer et soulèvent un certain nombre de questions. Au niveau des différents métiers impliqués et distribués géographiquement, quels sont les dispositifs à mettre en place pour faciliter la co-construction de solutions en intégrant dès que possible les contraintes de production et de développement durable, sachant que le produit n'étant pas encore conçu, l'incertitude et l'ambiguïté sont au cœur des échanges et des prises de décision. Au niveau inter-entreprise, comment une équipe projet peut-elle mener son processus de décision quant à l'intégration ou non de fournisseur en conception ? Comment sélectionner le fournisseur en tenant compte à la fois de la politique achats et des besoins du projet ? Comment s'assurer du succès de la collaboration avec le fournisseur choisi et l'équipe projet ?

Une fois le produit conçu, les différentes entreprises contribuant à la mise sur le marché d'un produit fini forment ce qui est appelée la « Chaîne Logistique » ou « *Supply Chain* » (signalons que comme pour les contraintes de production il serait important d'intégrer dès la conception les contraintes logistiques). Tout comme dans la « design chain », les performances se jouent beaucoup dans la qualité de la coordination des acteurs d'une chaîne. De nouveaux modes de coordination et de partage d'information sont donc également à définir. Mais bien entendu, se pose la question du profit global de la chaîne par rapport aux profits de chacun des acteurs et des incitations à développer pour que chaque acteur puisse contribuer au profit global, sans fragiliser sa position. Par ailleurs, le développement de la logistique rend les travaux sur le transport (approvisionnement et distribution) encore plus importants. De nouveaux problèmes d'optimisation (production/transport par exemple) fortement combinatoires apparaissent. Bien entendu, le contexte de développement durable rend d'autant plus critique ces activités de transport fortement émettrices de CO₂ et au-delà de l'optimisation des architectures actuelles, des réflexions plus structurelles sur de nouvelles organisations des transports et plus généralement de la chaîne logistique sont indispensables.

Signalons que cette problématique de la collaboration d'acteurs distribués est largement présente dans le cadre de projets phare du site grenoblois pour le plan campus. En effet dans le cadre du projet PILSI (Pôle International Logiciels et Systèmes Intelligents), un groupe de travail porte sur les « Logiciels pour Organisations Ouvertes » s'intéressant donc à ces

collaborations entre acteurs plutôt sous l'angle outils logiciels. Ce thème sera aussi fortement présent dans le projet INNOVACS et la structure fédérative associée, cette fois-ci sous l'angle des nouvelles organisations à mettre en œuvre.

A.2.3 Investigation de nouveaux secteurs

G-SCOP a construit sa réputation sur ses contributions en conception et production dans les secteurs industriels manufacturiers essentiellement : automobile, transport, aéronautique, électromécanique, biens d'équipement... Or les concepts mobilisés pour obtenir des résultats en matière d'efficacité et d'optimisation des processus sont adaptables à des secteurs nouvellement sensibilisés à ces problématiques. Nous pensons plus particulièrement aux secteurs de la microélectronique où les délais de mise sur le marché et la capacité de montée rapide en cadence sont vitaux, au secteur de la santé et de l'offre de soins sous fortes contraintes de maîtrise des coûts, enfin au secteur de la consommation énergétique dans l'habitat où des objectifs globaux du système sont visés alors que le pilotage reste très individuel. Ces nouveaux terrains, bien sûr non exhaustifs, font émerger des problématiques de recherche originales que nos secteurs traditionnels ne présentaient pas.

Le secteur du semi-conducteur, très présent sur le bassin grenoblois, est caractérisé par une vitesse sans équivalent de renouvellement des produits qui tend à suivre la loi de Moore. Au niveau de la production, le travail en limite de capacité des équipements conduit à un environnement très incertain (indéterminisme du flux de produit, poussières qui peuvent entraîner des pertes de produits voire des propagations de pollutions (contamination) sur les machines aval, dérèglages des machines, pollution liée à la présence des opérateurs humains,...). Nos travaux portent sur différents aspects :

- diagnostic et analyse de risques
- définition et unification des plans d'action
- pilotage des systèmes de production
- Design for manufacturing, design pour les tests,

Notre présence importante dans le projet européen IMPROVE¹ s'est donnée pour objectif de développer des méthodes de diagnostic des défaillances premières afin d'en anticiper/déduire les causes et les conséquences, et ainsi de participer au processus global d'optimisation des tests paramétriques (où et quand ?) et de reconfiguration des lois de commande du flux de produits. Il s'agira en particulier de confronter deux types d'approches, l'une déterministe, et l'autre probabiliste s'appuyant notamment sur des techniques Bayésiennes. Des travaux sur la conception des puces, conception pour le test et remontée en temps réel des spécificités en production des machines, sont en cours au laboratoire (notamment projet Minalogic ASTER).

Les travaux concernant le secteur d'application de la santé (offre de soins) se sont concrétisés par des thèses en co-encadrement, et plusieurs projets institutionnels. Deux types de problématiques seront développés dans ce prochain contrat quadriennal :

- l'organisation des **soins à domicile** : nous proposons des méthodes de planification des traitements tout en satisfaisant les contraintes, l'amélioration de la coordination entre les acteurs, et la spécification des outils de communication et de pilotage dans le secteur de la chimiothérapie à domicile. Le maintien à domicile de personnes âgées fait l'objet de travaux sur la détection de la perte d'autonomie de personnes vivant seules à leur domicile.
- **l'amélioration des flux** dans certains services hospitaliers (stérilisation de dispositifs médicaux, urgences) se concrétisera par des optimisations par exemple du chargement

¹ Implementing Manufacturing science solutions to increase equipment pROductiVity and fab pErformance

des laveurs et une étude d'impact de cette optimisation sur l'ensemble du service de stérilisation.

Le secteur de l'énergie, dont on connaît l'importance dans un avenir proche, nous a permis de montrer tout l'intérêt de la transposition de résultats obtenus dans le secteur manufacturier en supervision et pilotage en vue de permettre :

- la conduite des flux énergétiques dans l'habitat (multisources/multicharges/multiflux)
- la supervision des pannes généralisées dans les réseaux de transport électrique.

Pour ce qui concerne plus particulièrement les flux énergétiques dans le bâtiment, les principaux sujets d'intérêt concernent la prise en compte du comportement des usagers (modélisation et prédiction) et l'intégration de l'incertain. L'utilisation de modèles probabilistes est envisagée. Des travaux porteront également sur la supervision et le diagnostic dans les réseaux électriques et s'intéresseront plus particulièrement à la reconfiguration dynamique de ces réseaux.

A.3 Des approches méthodologiques complémentaires.

Nous avons décrit dans la partie précédente les objets sur lesquels le laboratoire portera principalement ses efforts durant le prochain contrat quadriennal. L'étude de ces objets nécessite de mettre en œuvre des approches méthodologiques variées et novatrices.

Tout d'abord, nous sommes très attachés à développer des recherches de type **approfondissements au cœur des disciplines**. Rappelons que pour la lisibilité de notre structuration, nous avons introduit la notion de pôles, en l'occurrence le pôle « *optimisation et systèmes de production* » et le pôle « *conception intégrée* » même si dans la vie quotidienne du laboratoire cette notion de pôle n'est pas essentielle. Ces pôles sont relativement cohérents avec la structuration disciplinaire académique classique et les approfondissements au cœur des disciplines seront présentés selon cette structuration.

Mais l'émergence de nouveaux sujets à l'interface des disciplines nécessite également des **collaborations encore renforcées entre ces disciplines**. Nous avons dans la partie bilan identifié de nombreuses actions déjà en cours. Les nouvelles questions décrites ci-dessus traversent aussi l'ensemble du laboratoire. Nous insisterons spécifiquement sur les collaborations avec nos collègues des Sciences Humaines et Sociales.

Enfin ces travaux s'inscrivent bien sûr dans le cadre de **fortes relations partenariales** avec le monde socio-économique mais aussi dans le cadre de relations internationales.

A.3.1 Approfondissements au cœur des disciplines

Tout d'abord le laboratoire se caractérise par la mise en œuvre conjointe des **deux approches, inductives et déductives, de la recherche**, et ceci pour chacun des 2 pôles. La première consiste, à partir de situations observées, à les modéliser, analyser pour en déduire des résultats sur le type de situations observées et à proposer des modèles génériques dont les propriétés peuvent faire l'objet de recherches théoriques (approche bottom-up). La deuxième approche consiste à travailler sur des modèles théoriques dont la vocation applicative n'est pas toujours immédiate, mais dont les résultats sont essentiels pour aborder les situations réelles (approche top-down). La mise en œuvre de ces deux approches, s'enrichissant mutuellement, au sein du laboratoire, est très prometteuse d'avancées scientifiques.

Optimisation et systèmes de production : les fondamentaux de la recherche

Les systèmes de production de biens et de services d'aujourd'hui, du fait de la mondialisation, se trouvent dans un contexte d'incertitude et d'instabilité, dans lequel chaque décision est importante pour le devenir de l'entreprise. Sans cesse, l'entreprise doit réfléchir à son fonctionnement interne, mais également au fonctionnement de ses processus au long de la chaîne logistique, qui de plus en plus intègre des acteurs distribués géographiquement. L'effort est donc mis sur tout ce qui permettrait à l'entreprise d'optimiser son fonctionnement global, mais plus précisément le fonctionnement de ses activités de production et de logistique.

Des travaux de recherche doivent être menés pour répondre à ces enjeux. Des questions se posent sur le fonctionnement des processus logistiques et de production, leur agencement, leur capacité à faire face à de l'incertitude. La modélisation de ces processus, le choix des politiques pour les gérer, l'évaluation de leur performance sont des axes de recherche qui contribuent pleinement à répondre à ces questions. En complément, le besoin en optimisation se traduit également à certaines étapes du processus de décision. En effet, pour guider le choix du décideur, pour construire un planning de production par exemple, il est souvent utile de faire appel à des outils d'aide qui intègrent des algorithmes d'optimisation, et ce, dans le but d'optimiser le fonctionnement du processus. Toutes ces techniques de modélisation, d'optimisation, d'évaluation des performances, reposent sur des outils mathématiques en développement. Il ne s'agit pas d'appliquer des recettes connues et éprouvées car nous sommes là, confrontés à des problèmes difficiles, sur lesquels il est nécessaire de travailler pour mieux les comprendre et fournir des résultats exploitables ensuite.

Le pôle « Optimisation et systèmes de production » a été, de façon très naturelle, structuré en trois domaines de compétence (DC), dont les idées phare sont données ci-après, sachant que les projets scientifiques de ces DC sont décrits plus longuement par la suite.

Optimisation Combinatoire : Des recherches amont pour aider à la création d'outils performants.

Quand on parle de conception et de gestion optimisée des systèmes de production, l'apport d'outils mathématiques puissants paraît une évidence. La nature discrète de l'enchaînement des activités dans les systèmes de production nécessite donc la maîtrise et le développement de concepts et de méthodes de l'optimisation combinatoire. C'est pourquoi nous travaillons à une meilleure compréhension des structures combinatoires, comme par exemple les graphes, pour que puissent être développées des techniques d'optimisation puissantes. Nos recherches, théoriques ou en lien avec des applications, ont ainsi pour but de trouver de bonnes caractérisations des problèmes étudiés.

La recherche opérationnelle pour les systèmes de production.

Au cours des différents processus de conception et de gestion des systèmes de production, de nombreux problèmes d'optimisation doivent être résolus pour aider les décideurs dans leur choix. Ces problèmes d'optimisation nécessitent une grande expertise en recherche opérationnelle. Ils sont la plupart du temps caractérisés par une structure combinatoire et un grand nombre de variables de décision. L'enjeu est alors de comprendre le problème industriel pour le modéliser intelligemment, de trouver les propriétés qui permettront d'en simplifier la résolution, puis de développer des algorithmes efficaces pour le résoudre.

La gestion et la conduite des systèmes de production.

Les systèmes de production de biens et de services, lorsqu'ils sont en exploitation, évoluent en fonction des décisions de gestion successives et des événements extérieurs. L'enjeu est

alors de comprendre et maîtriser cette dynamique pour garantir au système étudié des performances conformes aux exigences préalablement fixées. Cet objectif nécessite l'utilisation d'outils puissants de modélisation, pour en extraire des résultats analytiques sur le fonctionnement du système, ou expérimentaux, permettant ainsi de concevoir des politiques de gestion efficaces, en fonctionnement normal ou dégradé.

Si les projets scientifiques des domaines de compétence sont bien distincts, il n'en demeure pas moins que les interactions entre eux sont fortes. Les collaborations entre les thèmes ont d'ores et déjà été très fructueuses. À titre d'exemple, des liens forts ont été prouvés entre des problèmes d'ordonnement de la production et des problèmes de coloration de graphes de compatibilité. Ces travaux ont donné lieu à des co-encadrements d'étudiants et des recherches communes. Sur le concept de production en juste-à-temps, des travaux se déclinent actuellement sur la recherche de bonnes stratégies d'approvisionnement, avec des applications à l'industrie automobile, thème relevant plutôt de la conduite des systèmes de production. Ce concept est également traité par des techniques d'optimisation, et des liens sont montrés entre ce concept et des théories liées à l'optimisation combinatoire comme la théorie des nombres ou la théorie des votes. Nous pouvons aussi citer une expérience de collaboration entre les domaines de compétence « Optimisation Combinatoire » et le domaine « Gestion et conduite des systèmes de production », sur l'optimisation de la diversité, qui à notre avis est exemplaire et qui, nous pouvons l'affirmer, n'aurait pas été développée sans la création du laboratoire G-SCOP.

Conception Intégrée : les fondamentaux de la recherche

La conception d'un produit (ou d'un système) consiste à proposer un produit qui réponde à des exigences. Les particularités de la conception de produits proviennent du fait que l'influence du système et de l'environnement dans lequel s'intègre ce produit est très forte.

C'est l'ensemble du cycle de vie du produit qui impacte la conception ; il s'agit donc de considérer les différentes disciplines du cycle de vie (fabrication, assemblage, distribution, usage, maintenance, recyclage...) et les différentes technologies afférentes pour définir et optimiser les produits. C'est également l'ensemble du système industriel qui impacte la conception : il s'agit de considérer l'organisation industrielle mise en place et les processus industriels, en particulier le processus de conception, en sus des problèmes scientifiques et techniques du produit lui-même. Ces deux points sont significatifs de la taille et de la pluridisciplinarité du domaine de la conception.

La conception n'est pas une activité classique de résolution de problème. Pour partie, les exigences sont construites en cours de résolution et pour certaines très tardivement. Il en est de même pour les connaissances nécessaires à la résolution ; elles sont à mobiliser, formaliser, voire créer, au moment de leur nécessité et dans l'action.

Enfin l'être humain est un des éléments structurants de la conception, en particulier de son pilotage, et fait donc partie intégrante du système de conception.

Dans ce cadre, le pôle *Conception Intégrée* s'attache à développer de nouvelles connaissances dans les champs et métiers intervenant en conception et sur le processus de conception lui-même. Son originalité réside dans l'importance accordée aux interactions et aux interfaces entre ces champs de connaissances. Son apport se traduit principalement par des modèles, méthodes et outils pour l'analyse et la simulation numérique, la synthèse et l'anticipation, et le support numérique des flux de la conception. Très attaché à l'applicabilité des connaissances de recherche, le pôle *Conception intégrée* contribue à l'élaboration de méthodes utilisables par les ingénieurs et concepteurs et répondant donc à des problèmes concrets pour l'industrie et la société. L'ensemble de ces contributions sont sensiblement en

phase avec le document de prospectives publié en novembre 2007 par le conseil scientifique du département ST2I du CNRS.

Les principaux concepts investigués par le pôle Conception Intégrée

La contribution scientifique s'inscrit principalement autour de trois concepts : intégration, collaboration, représentation.

- **Intégration.** Il s'agit de considérer les exigences et les contraintes de toutes les disciplines intervenant en conception. L'enjeu est de créer des connaissances sur chacun des métiers impliqués qu'ils soient industriels ou utilisateurs, matures, émergents ou à construire, d'élaborer les méthodes d'utilisation de ces connaissances en conception, de développer des simulateurs, avec la perspective de leur intégration dans la conception.
- **Collaboration.** Le défi est de faire travailler ensemble les différents acteurs de la conception. L'enjeu est de créer des connaissances sur le processus de conception, de développer des outils supportant le travail collaboratif en conception, d'élaborer des méthodes d'aide à la conception, de développer des modèles d'interfaces d'échange et d'interaction.
- **Représentation.** La représentation des produits, des processus et des connaissances constitue l'épine dorsale de la conception et structure les données et les activités. L'enjeu ici est de créer des modèles multiples y compris simplifiés, de développer des systèmes d'information, de motiver des approches « composants et systèmes ».

L'organisation pratique du pôle *Conception Intégrée* s'est faite autour de 3 domaines de compétence structurés par ces trois concepts : intégration, collaboration, représentation. L'imbrication des 3 concepts dans un processus de conception et donc dans les projets de recherche étudiés, l'histoire personnelle de chaque chercheur font que cette organisation est assez flexible. Les travaux dans ces domaines de compétence seront détaillés par la suite.

La recherche sur les processus de conception est une activité récente, qui plus est à partir de domaines scientifiques très variés. Il en résulte un foisonnement d'études et une difficulté d'agrégation des différents résultats. C'est pourquoi la recherche portant sur la méthodologie de recherche pour la conception de produits prend une part croissante dans les activités du pôle.

En partenariat avec les principaux laboratoires mondiaux de recherche en conception, le pôle *Conception Intégrée* contribue à structurer les méthodologies de recherche en conception et à standardiser les procédures et les formes de résultats. Le pôle a développé des méthodologies s'appuyant sur la modélisation et la simulation, mais aussi sur la recherche-action en situation industrielle et l'expérimentation en laboratoire.

A.3.2 Des collaborations encore renforcées entre disciplines.

Nous avons souligné que l'émergence de nouveaux sujets à l'interface des disciplines nécessite des **collaborations encore renforcées entre ces disciplines**. Les choix stratégiques opérés lors de la création du laboratoire lui donnent beaucoup d'atouts pour aborder efficacement ces collaborations pluridisciplinaires. Nous les déclinons en pluridisciplinarité interne au laboratoire puis avec nos collègues des sciences humaines et sociales.

Pluridisciplinarité interne.

Le laboratoire comprend des chercheurs et enseignants-chercheurs en SPI et en STIC et plus précisément des disciplines « automatique des SED (61) », « génie mécanique (60) » et « recherche opérationnelle (27) ». La description ci-dessus des fondamentaux de la recherche ci-dessus a bien montré que si les projets scientifiques des domaines de compétence sont bien

distincts, il n'en demeure pas moins que les interactions entre eux sont fortes et que les collaborations entre les thèmes sont fructueuses. En effet, les relations préexistantes à la création de G-SCOP et les actions menées au sein du laboratoire et décrites dans le bilan ont permis de développer un nombre important de travaux mettant en œuvre des collègues de différents domaines de compétence et de disciplines différentes. Ces travaux sont listés dans le bilan global du laboratoire et pour certains décrits dans les bilans des DC. La création du laboratoire a renforcé les relations interdisciplinaires et ce n'est que le début d'un processus très riche pour chacun des acteurs.

Des relations fécondes avec les Sciences Humaines et Sociales.

Grenoble a une longue tradition de collaborations entre les « Sciences pour l'Ingénieur » au sens large et les « Sciences Humaines et Sociales » (Sociologie, Sciences de gestion et économiques). Les travaux sur la conception de produit sont emblématiques de la richesse de ces collaborations. **Un partenariat privilégié avec les chercheurs de sciences humaines et sociales sur la conception a en effet été mis en place depuis de nombreuses années.** La nature même de la conception a nécessité de construire très tôt un partenariat privilégié avec les chercheurs en SHS ; d'abord limités à la sociologie industrielle, nos projets intègrent toutes les facettes de l'organisation industrielle, du management et du comportement humain, qu'il soit cognitif ou consommateur. Cette compétence de travail avec la communauté SHS sur des projets concrets est un atout sérieux pour le pôle *Conception intégrée*. Des collaborations plus récentes autour des systèmes d'information d'entreprise et de gestion des connaissances sont aussi très prometteuses. Nous partageons donc totalement le constat de nombreux documents de perspectives, insistant sur l'importance des relations étroites entre disciplines des STIC-SPI et des SHS. Nous sommes particulièrement d'accord avec la nécessité d'avoir une démarche co-construite de problématiques de recherches communes. Cette co-construction nécessite effectivement des engagements sur la durée que nous menons sur Grenoble depuis plus de 20 ans.

Nous avons fait le choix de ne pas étendre le périmètre du laboratoire aux membres de la communauté SHS, mais l'histoire riche des collaborations SPI-SHS du site grenoblois doit bien sûr être poursuivie. Ces collaborations sont très importantes pour comprendre en profondeur les processus industriels et plus généralement les mutations industrielles. Ces collaborations sont indispensables dans le cadre de nombreux projets en cours (systèmes d'information d'entreprises, gestion des connaissances, influence des contrats sur l'efficacité opérationnelle des chaînes logistiques, fonction achat dans la conception de produits,...). En outre, elles permettent aussi d'aborder différemment des questions de recherche au cœur de notre projet. Les cadres de rencontre sont nombreux : l'école Génie industriel, le master Management avec ses 2 spécialités recherche en génie industriel et en organisation, le cluster régional GOSPI (Gestion et Organisation des Systèmes de Production et Innovation). Le projet INNOVACS (un des quatre projets du plan campus grenoblois), dans lequel le laboratoire G-SCOP a l'intention de prendre toute sa place, et qui comprend la mise en place d'une structure fédérative regroupant les forces grenobloises autour de l'innovation, sera très certainement un autre lieu de collaborations avec nos collègues du site grenoblois en SHS.

Relations partenariales

Enfin un tel projet nécessite de forts partenariats, académiques ou industriels, nationaux ou internationaux et nous poursuivrons bien sûr le développement de ces partenariats décrits largement dans le bilan du laboratoire.

B. Présentation des projets et objectifs des 6 domaines de compétence

Le laboratoire est structuré en 6 domaines de compétence. Pour cette évaluation nous avons choisi de nous présenter sous cette structuration. Nous présentons maintenant le projet de chacun de ces 6 domaines de compétence ou équipes dans l'ordre suivant :

B.1 DC Optimisation Combinatoire (OC) – E1

B.2 DC Recherche Opérationnelle et Systèmes de Production (ROSP) – E2

B.3 DC Gestion et Conduite des Systèmes de production (GCSP) – E3

B.4 DC Système d'Information et Représentations Multiples du Produit (SIREP) – E4

B.5 DC Conception Produit Process (CPP) – E5

B.6 DC Conception Collaborative (CC) – E6

Le plan suivi dans chacune de ces 6 présentations est le suivant :

- *Membres du domaine de compétence en octobre 2009*
- *Problématique générale et évolutions majeures*
- *Projets du prochain plan CQ*
- *Positionnement par rapport aux thèmes transversaux du labo*

B.1 DC Optimisation Combinatoire (OC)

Membres du domaine de compétence en octobre 2009

On retrouve les membres présentés dans la présentation du bilan au 30 Juin. Signalons 3 nouvelles personnes : Louis Espéret, nouveau CR CNRS et 2 nouveaux doctorants Christophe-Marie Duquesne et Manuel Ruiz dans le cadre le cadre de thèses industrielles.

Frédéric Maffray	D.R., CNRS
Denis Naddef	Pr., Grenoble INP
András Sebő	D.R., CNRS
Zoltán Szigeti	Pr., Grenoble INP
Wojciech Bienia	M.C., Grenoble INP
Michel Burlet	M.C., UJF
Olivier Briant	M.C., Grenoble INP
<i>Louis Espéret</i>	<i>C.R., CNRS (recruté au 1^{er} Octobre 2009)</i>
Myriam Preissmann	C.R., CNRS, H.D.R.

Christophe-Marie Duquesne Doctorant recruté au 1^{er} Octobre 2009 (sous la direction de D. Nadeff et O. Briant dans le cadre d'un contrat industriel avec AMADEUS)

Manuel Ruiz Doctorant recruté au 1^{er} Octobre 2009 (coencadré par Bernard Penz (ROSP) et Olivier Briant dans le cadre d'une thèse CIFRE avec la société A-Systems)

Marwane Bouznif	Doctorant 2 ^{ème} année (sous la direction de M. Preissmann et J. Moncel)
Ana Shirley Ferreira da Silva	Doctorante 3 ^{ème} année (sous la direction de Frédéric Maffray)
Grégory Morel	Doctorant 3 ^{ème} année (sous la direction de Frédéric Maffray et Zoltán Szigeti)
Roland Grappe	Doctorant 4 ^{ème} année (sous la direction de Zoltán Szigeti)
Guyslain Naves	Doctorant 4 ^{ème} année (sous la direction d'András Sebő)
Claude Benzaken	PR UJF (collaborateur bénévole)

Problématique générale et évolutions majeures - Projets du prochain plan CQ

Voici une liste et un résumé bref de sujets en cours de développement, y compris de nouveaux sujets émergents. Nous indiquons les sujets concrets qui nous intéressent actuellement à titre d'exemple. Les résultats acquis nous fournissent de nouveaux défis qui changent souvent même les grandes orientations de notre recherche.

La plupart des problèmes que nous étudierons dans les années à venir concernent des objets combinatoires avec lesquels on veut couvrir un certain ensemble de base, et le dual de ces problèmes. Les solutions correspondent souvent à des solutions entières de programmes linéaires. Quelques exemples:

La couverture par cliques de l'ensemble de tous les sommets d'un graphe, et "son dual", le problème du stable max. Les deux sont NP-difficiles en général. On peut espérer trouver des algorithmes exacts et efficaces lorsque l'on se restreint à des classes de graphes plus structurés. Il s'agit en général de détecter si un graphe contient un certain type de sous-graphe (le mot "type" se réfère à une famille infinie), et sinon, à trouver une décomposition ou une description de la structure de ces graphes, puis à utiliser cette structure pour en déduire des algorithmes de coloration efficaces. Le problème a de nombreuses applications, comme l'affectation des fréquences de radio.

Une variante (appliquée au graphe complémentaire) particulièrement étudiée de ce problème est la coloration des graphes, qui peut être considérée naturellement comme le dual entier d'un programme linéaire dont l'optimum primal est la clique de taille maximum. Actuellement et dans le futur proche nous désirons explorer ce domaine dans les directions qui suivent :

- *b-coloration* : Il s'agit d'un thème qui excite la curiosité de nombreux chercheurs dans le monde. Une direction encore ouverte et particulièrement intrigante est celle qui concerne certaines classes de graphes qui généralisent les arbres. La thèse de doctorat d'Ana Shirley Ferreira da Silva porte sur ce thème. Au-delà de cette thèse, le thème méritera encore d'être étudié dans le domaine plus large des *graphes triangulés*.
- *Stabilité et coloration dans les graphes sans P5*. Le problème de l'existence d'un algorithme qui trouve un stable de taille maximum en temps polynomial dans un graphe sans P5 est encore ouvert et intéresse lui aussi de nombreux chercheurs. Un problème parallèle est l'évaluation aussi précise que possible du nombre chromatique d'un graphe sans P5 (les bornes actuelles étant très mauvaises), et il peut aussi être mis en relation directe et évidente avec la question de la structure de ces graphes. Ces problèmes sont actuellement étudiés par Grégory Morel dans le cadre de son doctorat. Là aussi la thèse n'épuisera sans doute pas toutes les questions que l'on peut se poser sur ce thème riche et complexe et nous continuerons à nous y intéresser.
- *Coloration des graphes parfaits* : malgré la résolution de la célèbre conjecture des graphes parfaits en 2002, on ne connaît pas encore d'algorithme purement combinatoire permettant d'obtenir une coloration optimale des sommets d'un graphe parfait. Nous espérons trouver des algorithmes exacts et efficaces lorsque l'on se restreint à des classes de graphes plus structurés.
- *Ecart de dualité* entre la clique maximum et la coloration optimale. Il s'agit de trouver des relations profondes entre la différence de ces deux paramètres et la taille du graphe. Les recherches actuelles mènent à une nouvelle génération de questions devenues très intéressantes après la preuve de la conjecture des graphes parfaits, avec des connexions à la théorie de Ramsey ; il sera donc très intéressant d'examiner ces questions.

Chemins disjoints, multiflots: Packing de chemins entre paires de sommets d'un graphe, en restreignant l'ensemble des paires de sommets données. Le même genre de questions se pose que pour la coloration des graphes.

Fiabilité : C'est un problème de couverture pondérée de coupes. Pour ce problème partons de l'application: il s'agit de réseaux qui doivent pouvoir survivre à un certain nombre de pannes de liaisons. On peut modéliser ceci en utilisant les graphes : les sommets du graphe sont les centres et les arêtes correspondent aux liaisons entre les centres. La fiabilité du réseau est liée à la connexité (par sommet ou arête) du graphe. Le but est d'augmenter optimalement la fiabilité d'un réseau.

Bin Packing : Le problème du "bin packing" consiste à développer des algorithmes pour placer des objets de tailles données dans des boîtes (bins) de taille fixe. L'application peut être aussi bien la découpe que les problèmes d'ordonnancement, où par exemple les journées peuvent jouer le rôle des bins et les tâches celui des objets à emballer. La dualité et une propriété de certains programmes linéaires appelée "integer rounding property" jouent un rôle particulier dans ce problème. Les heuristiques simples pour le problème du "bin packing" offrent des algorithmes efficaces et relativement exacts. Dans un sens pratique ce problème initial se résout d'une manière efficace, mais les difficultés théoriques ont des retombées

pratiques pour certaines variantes. Par exemple s'il y a peu d'objets différents, mais un très, très grand nombre d'exemplaires de chacun, les algorithmes connus ne sont pas satisfaisants; en revanche une formulation par la programmation linéaire est raisonnable, et la solution de belles conjectures géométriques peuvent conduire à une solution efficace. Ceci est le sujet principal de notre collaboration avec l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) <http://disopt.epfl.ch/>.

Problèmes de voyageurs et de postiers : Ces problèmes consistent à trouver le plus court parcours sous des contraintes variées. Les problèmes célèbres du voyageur de commerce ou des tournées de véhicule sont (NP-)difficiles, mais les méthodes de coupe développées dans notre équipe sont parmi les plus efficaces. Le problème du postier peut être résolu d'une manière efficace en théorie (en temps polynomial) et l'équipe détient le savoir-faire de ces algorithmes. De plus, le dual entier de ce problème est NP-difficile, et rejoint les problèmes de routage.

Les projets de recherche de l'équipe contiennent aussi la reconnaissance (et donc la connaissance) des données (surtout graphes) dans lesquels ces problèmes peuvent être résolus d'une manière efficace.

Des sujets qui nous ont été posés récemment par notre nouvel environnement ou encore par les physiciens :

Diversité : les problèmes viennent de l'exigence des producteurs à optimiser la diversité de produits, sujet de recherche des chercheurs en optimisation de la production au laboratoire G-SCOP. Mathématiquement parlant, ces problèmes font appel à la combinatoire extrémale, domaine très théorique du légendaire Paul Erdős, invité des équipes grenobloises jusqu'à sa mort en 1996.

Affectation de flottes et de passagers : Olivier Briant et Denis Naddef devraient démarrer prochainement une collaboration avec AMADEUS sur l'affectation des flottes et des passagers mettant en œuvre des techniques avancées de génération de colonne.

Applications en physique : A partir de 1981 les méthodes de l'optimisation combinatoire grenobloise ont pu être appliquées avec succès à des calculs en physique. Dernièrement les résultats de notre équipe ont permis de multiplier par plusieurs centaines la possibilité de faire des calculs sur le modèle de Potts en physique. Nous avons l'intention d'étendre ces travaux, élargir leurs champs d'application, et entreprendre d'autres recherches similaires.

Nos recherches futures pourront faire l'objet de collaborations avec les entreprises et universités étrangères par exemple avec l'Université Eötvös de Budapest <http://www.cs.elte.hu/egres/>, ou encore l'Université de Waterloo (Canada) http://www.math.uwaterloo.ca/CandO_Dept/index.shtml, signataire d'un contrat de collaboration avec l'Université Joseph Fourier. D'autres pourront être effectuées avec des "départements d'universités" installés sur le site grenoblois, dont nous mentionnons trois : la Recherche Opérationnelle et la Productique (dans le laboratoire G-SCOP), l'informatique fondamentale (laboratoire LIG), et les autres sciences comme la physique et la biologie.

Enfin, nous avons recruté au 1^{er} Octobre Louis Espéret, CR CNRS. Il est spécialiste de la théorie des graphes. Son insertion dans le DC se passera donc très naturellement avec des collaborations sur les sujets ci-dessus ayant trait à la théorie des graphes, et l'apport de ses propres sujets tout à fait en phase avec les problématiques de l'équipe dans le domaine.

Positionnement par rapport aux thèmes transversaux du labo

Notre intérêt principal, les recherches en mathématiques discrètes, nous conduisent souvent à des défis (problèmes, conjectures) stimulés par les lois internes de la théorie. Ce positionnement est clairement admis au laboratoire et ne pose pas de problèmes particuliers. En même temps les membres de notre équipe sont non seulement ouverts, mais aussi souvent passionnés par des problèmes appliqués que les chercheurs dans d'autres domaines leur posent. Le démarrage du laboratoire a par exemple permis le lancement de la réflexion sur le problème de diversité mentionné auparavant. Nous sommes aussi présents sur 3 projets internes du laboratoire avec respectivement des collègues des DC RO SP, GCSP et SIREP. Enfin les 2 thèses démarrant cette année sont financées dans le cadre de contrats industriels. Ainsi, même si nous entendons bien sûr poursuivre prioritairement nos travaux fondamentaux, nous nous intéressons beaucoup aux sujets appliqués liés au travail de nos collègues, qui enrichissent en même temps la variété de nos recherches théoriques.

B.2 DC Recherche Opérationnelle et Systèmes de Production (ROSP)

Membres du domaine de compétence en octobre 2009

PR et DR : Nadia Brauner (PR 27 – UJF), Van Dat Cung (PR 27 – Grenoble INP), Gerd Finke (PR émérite 27 – UJF), Bernard Penz (PR 61 – Grenoble INP)

MCF et CR : Marie-Laure Espinouse (MCF 61 HDR – UJF), Khaled Hadj Hamou (MCF 27 – Grenoble INP), Yann Kieffer (MCF 26 – Grenoble INP), Pierre Lemaire (MCF 27 – Grenoble INP), Fabien Mangione (MCF 61 – Grenoble INP), Julien Moncel (MCF 27 – Grenoble INP), Christophe Rapine (MCF 27 – Grenoble INP)

Doctorants

Doctorants 1A : Guillaume Massonet (50% GCSP), David Rey, Manuel Ruiz (50% OC), Valentin Weber

Doctorants 2A : Bertrand Baud-Lavigne, Marwane Bouznif (50% OC), Julien Darlay, Onur Ozturk (50% GCSP)

Doctorants 3A : Susann Schrenk, Lilia Zaourar

Doctorants 4A : Radwan El Hadj Khalaf ((soutenance prévue le 17 Novembre), Damien Prot (soutenance prévue le 6 Octobre)

Problématique générale et évolutions majeures - Projets du prochain plan CQ

L'optimisation des systèmes de production regroupe l'ensemble des travaux qui ont pour objectif l'aide à la prise de décisions, et ce, pour optimiser les performances des systèmes en phase de conception et d'exploitation. Ces systèmes de production de biens et de services peuvent être une simple machine sur une ligne de production, un atelier complet, une plateforme logistique, ou encore une chaîne logistique constituée de plusieurs entreprises. Les systèmes de production réels, de par leur grande complexité, ne peuvent jamais être totalement modélisés, et il est donc illusoire de vouloir les gérer uniquement en utilisant des techniques d'optimisation, aussi performantes soient elles. En revanche, nous affirmons que l'optimisation, utilisée en des points précis de la chaîne de décision, peut apporter des gains importants.

La démarche scientifique que nous suivons est systématique et repose sur un certain nombre d'étapes. Dans un premier temps, nous travaillons sur l'identification des points précis où l'optimisation peut apporter des gains (en temps, en qualité, en coûts...). Arrive ensuite la modélisation du problème sous une forme qui permet de l'appréhender. Nous travaillons alors sur le développement de méthodes d'optimisation ad hoc, et l'analyse de performance des méthodes conçues, qu'elles soient théoriques ou expérimentales. Pour la plupart des problèmes que nous abordons, les outils de modélisation et les méthodes de résolution utilisés proviennent des mathématiques discrètes et de la recherche opérationnelle. Nous souhaitons également développer des activités sur le couplage de méthodes d'optimisation et de programmation par contraintes ou de simulation. Les méthodes développées jusqu'à présent étaient essentiellement déterministes. Nous souhaitons développer des méthodes et outils pour traiter des problèmes avec incertitude sur les données en collaboration avec l'équipe Gestion et Conduite des Systèmes de Production.

Nous regroupons l'ensemble de nos activités sous 4 grands thèmes, certains travaux pouvant se situer à l'interface entre ceux-ci. Ces thèmes sont les suivants :

- Optimisation des chaînes logistiques
- Optimisation du transport
- Ordonnancement

- Optimisation combinatoire appliquée

Les perspectives de développement de ces quatre thèmes sont décrites ci-dessous. La principale évolution à noter est le renforcement des recherches sur l'optimisation en transport avec le recrutement d'un maître de conférences sur ce thème, le dépôt d'une ANR et des initiations de collaborations de recherche avec des partenaires industriels.

De plus, nous souhaitons développer une activité transversale : l'analyse de la difficulté des instances pour les problèmes difficiles (également décrite dans la suite).

Optimisation des chaînes logistiques

Le mouvement de globalisation de l'économie pousse les grandes entreprises à réfléchir plus finement sur leurs chaînes logistiques. En effet, de la qualité de l'organisation de ces chaînes, dépend la bonne marche de l'entreprise. Dans le contrat quadriennal précédent, nous avons travaillé sur des problèmes de conception de chaîne logistique. Ces travaux ne seront pas poursuivis dans le prochain contrat quadriennal.

En revanche, nous mettrons l'accent sur la gestion des chaînes logistiques, au sens de la planification des opérations qui s'y déroulent entraînant un enchaînement de processus décisionnels complexes. L'optimisation peut alors aider lors de certaines décisions, par exemple sur la planification des activités de production, stockage et distribution, ainsi que dans leur coordination. Nous nous intéresserons à la construction de planning des activités de production, de stockage et de transport dans les chaînes logistiques. Ces modèles sont en fait des extensions du problème de lot sizing. L'analyse du couplage entre le lot sizing et la distribution est le sujet d'une thèse qui démarre actuellement. Des travaux seront également poursuivis sur le lot sizing couplé (coordination de plusieurs entreprises) qui permet de densifier le transport et ainsi réduire l'impact écologique tout en entraînant des gains économiques.

En complément de cette approche centralisée d'optimisation des chaînes logistiques, nous nous intéressons à une optimisation distribuée de celles-ci dans laquelle les décisions sont prises par plusieurs acteurs. Nous étudions, dans le cadre du projet COPILOTES2 du Cluster Recherche régional GOSPI, les mécanismes de coordination clients-fournisseurs et la valeur des informations échangées et nécessaires dans une coordination optimisée. Ces travaux seront poursuivis et une thèse sera lancée.

Nous travaillons également sur la conception du produit et de la chaîne logistique. Dans un contexte de forte diversité de l'offre produit, le choix est souvent fait, par les entreprises, de concevoir leurs produits de façon modulaire. Ainsi, le produit fini n'est que l'assemblage, à la commande, de composants standard fabriqués à l'avance. Le problème d'optimisation vient alors du besoin de définir les composants qui seront fabriqués. Cela conduit à un problème d'optimisation complexe. Ce sujet sera poursuivi au travers, entre autres, d'une collaboration avec l'École Polytechnique de Montréal, et d'une thèse en co-tutelle, avec un partenaire industriel. Des contacts sont en cours avec une entreprise développant des outils d'optimisation pour l'agroalimentaire et une convention CIFRE est envisagée pour traiter un problème identique, mais pour les industries de mélange.

Enfin, la prise en compte du cycle de vie des produits dans la conception et gestion des chaînes logistiques amène naturellement à considérer la logistique inverse pour la gestion de la fin de vie des produits. Nous travaillons sur la gestion de flux et le dimensionnement de cette « boucle » inverse à travers les emballages réutilisables : bacs des pièces fournisseurs chez RENAULT, bouteilles consignées chez Danone Eaux France, containers de marchandises, etc. Ces travaux se poursuivront lors du prochain contrat quadriennal et le lancement d'une nouvelle thèse est prévu.

Optimisation du transport

Des travaux sont consacrés à la conception de réseaux de transport. L'objectif est de développer des méthodes d'optimisation performantes pour concevoir des réseaux de transport urbains ou de transport de marchandises. Du fait de la complexité de la tâche, nous nous orientons vers le développement de méthodes de résolution hybrides exactes-approchées. Pour les problèmes de transport multi-objectifs avec prise en compte d'incertitudes, nous souhaitons développer des algorithmes de résolution robustes. Une collaboration est en cours avec le projet DOLPHIN de l'INRIA Lille-Nord Europe et nous avons déposé depuis avril 2009 le projet ANR ROBUST (Optimisation Parallèle Hybride et Robuste pour les Problèmes de Transport avec Incertitudes). Des travaux en conception de réseaux avec gestion des ressources ont démarré en 2006 sur une collaboration avec Airbus et sont poursuivis actuellement avec une thèse soutenue par la région Rhône-Alpes.

Dans le domaine plus spécifique de l'aérien, une collaboration avec le LICIT (INRETS) nous a amenés à travailler sur la planification des vols pour minimiser les conflits de trajectoire et optimiser les trajets (réduction des émissions de CO₂). Ces travaux et collaborations seront poursuivis lors du prochain contrat quadriennal, et une nouvelle thèse démarre en septembre 2009, toujours avec le laboratoire LICIT de l'INRETS. De plus, nous sommes en contact avec l'entreprise Amadeus pour développer des travaux sur l'organisation du transport aérien autour d'une thèse industrielle. Ces contacts devraient mener à un contrat en fin 2009 et le démarrage d'une thèse de doctorat.

Ordonnancement

Les problèmes d'ordonnancement, quel que soit le secteur d'activité dans lequel nous nous plaçons, sont connus pour être difficiles à résoudre. Ils constituent donc une source de gains potentiels pour les entreprises, et un véritable défi pour les chercheurs du domaine.

Nous nous intéressons plus spécifiquement à des problèmes d'ordonnancement avec gestion de ressources additionnelles. Ces ressources peuvent être des robots ou chariots filoguidés chargés du transport des pièces, des opérateurs ou serveurs chargés du démarrage et de la terminaison des pièces. Nous considérons également des problèmes d'indisponibilités soit des machines pour maintenance par exemple, soit des ressources additionnelles décrites ci-dessus. Dans ce cadre, nous tentons de résoudre des conjectures ouvertes de la littérature sur l'ordonnancement optimal des opérations. Les activités que nous souhaitons également développer dans le prochain quadriennal sont l'étude des problèmes d'ordonnancement en high-multiplicity en particulier pour les problèmes cités précédemment. Pour ces problèmes, l'instance est donnée de manière compacte en agrégeant les tâches par catégories. Dans ce cas, même montrer l'appartenance à NP peut s'avérer un challenge.

Nous souhaitons également analyser des problèmes d'ordonnancement avec incertitudes sur les données. Nous nous intéressons à un secteur d'activité où l'incertitude est intrinsèque : le secteur hospitalier. Plus précisément, nous focalisons nos travaux sur l'optimisation des flux dans les services de stérilisation de dispositifs médicaux. Nous souhaitons d'une part, étudier les problèmes liés aux chargements des laveurs, problèmes qui peuvent se modéliser comme des problèmes d'ordonnancement par batch offline ou online. D'autre part, afin d'optimiser le flux dans l'ensemble du service de stérilisation, nous envisageons de coupler ordonnancement et simulation. Cette action est menée en collaboration avec l'équipe Gestion et Conduite des Systèmes de Production.

Enfin, des études se déroulent sur l'optimisation du fonctionnement interne des plates-formes de crossdocking. Le crossdocking est une technique de logistique qui a pour but d'éliminer la fonction de stockage qui constitue une opération coûteuse. Dans une plateforme de crossdocking, à l'interface entre des fournisseurs et des clients distribués, on dégroupé et regroupe des marchandises reçues selon leurs destinations pour les envoyer aux clients le plus vite possible, le plus souvent en moins de 24 heures. Cette action est menée en collaboration

avec l'équipe Gestion et Conduite des Systèmes de Production et l'École Polytechnique de Montréal. Ces travaux seront poursuivis dans le prochain contrat quadriennal et le démarrage d'une nouvelle thèse est envisagé.

Nous nous sommes intéressés aussi à l'optimisation des lignes de production. En collaboration avec Schneider Electric Consulting, nous étudions l'intégration des risques de Troubles Musculo-Squelettiques dans l'optimisation des lignes de production en forme de U. Cette étude sera poursuivie par la mise en place d'une ligne de production réelle afin de vérifier avec des ergonomes la pertinence des résultats numériques obtenus.

Optimisation combinatoire appliquée

Nos compétences nous amènent également à travailler sur des problèmes d'optimisation en microélectronique et pour l'analyse de données.

En collaboration avec des startup grenobloises en microélectronique, nous avons étudié deux problématiques dans ce cadre et apportons un savoir faire en algorithmique et combinatoire qui complète les compétences des électroniciens. La première problématique est la conception physique des circuits intégrés au niveau transistor avec la startup OASIC. Ces recherches ne sont pas poursuivies pour le moment (création de la startup et activités plus orientées vers la valorisation). La seconde est la conception pour le test (*Design For Test*) avec l'entreprise deFacto dans le cadre du projet Minalogic ASTER. Ce projet en est à sa troisième année et sont budgétisés à partir de septembre 2009, 6 mois d'ingénieur et un an de post-doc qui rejoindront l'équipe. Des discussions sont en cours pour poursuivre ce type de travaux dans le cadre des projets Minalogic. L'objectif est de poursuivre ces travaux dans la mesure où nos collaborations se poursuivent.

L'analyse combinatoire de données, ou LAD (pour *Logical Analysis of Data*), consiste en la recherche et l'extraction de structures dans des grands ensembles de données. L'aspect combinatoire de cette méthodologie se distingue des méthodes « traditionnelles » d'analyse de données (qui relèvent en général de l'analyse statistique) en ce sens qu'elle vise à fournir des ensembles de patrons qui feront office de théories expliquant le phénomène étudié, ceci au sens de la logique. Leur intérêt pratique réside dans leur efficacité en termes de calcul et dans la qualité des résultats obtenus. Les domaines d'application du LAD sont vastes mais nous ne travaillons actuellement que sur des problèmes de diagnostic médical. L'un de nos objectifs du prochain contrat quadriennal est d'appliquer ces méthodes à des données en logistique ou conception avec un premier pas sur l'analyse de temps de survie pour la maintenance des machines. D'autres types de données de production seront ensuite envisagés.

Un projet transversal au DC.

Nous présentons à présent un thème transversal que nous souhaitons valoriser dans les années à venir. On constate un écart toujours grandissant entre théorie et pratique, en ce qui concerne les problèmes NP-difficiles, qu'il s'agisse de problèmes d'optimisation ou de décision. Aux résultats mathématiques purs et durs (preuve de NP-complétude, dérivation de coupes valides, etc.) s'opposent les méthodes utilisées en pratique pour résoudre ces problèmes – à savoir des heuristiques la plupart du temps sans garantie de performance, et parfois sans garantie sur le temps d'exécution. Des études expérimentales montrent que ces méthodes sont réellement les bonnes d'un point de vue pratique, ce qui présente un hiatus paradoxal entre théorie et pratique.

On peut penser que cette contradiction apparente provient de préoccupations bien distinctes: le pire cas pour les études théoriques ; le cas « moyen », ou les « instances du monde réel » pour les implémentations concrètes.

L'objet de ce projet est de confirmer ou infirmer cette hypothèse. La première démarche envisagée pour atteindre ce but est la mise au point de métriques permettant d'estimer, pour

une taille donnée, la difficulté de résolution des instances. A l'aide de ces métriques, on cherchera à construire ou sélectionner des instances particulièrement difficiles à résoudre au vu de leur taille.

Il faudra ensuite utiliser ces instances pour comparer les méthodes suggérées par la théorie (typiquement séparation-évaluation et coupes) à celles utilisées en pratique. Le paradoxe sera résolu si ces expérimentations démontrent un intérêt pratique aux méthodes plus théoriques.

Indépendamment du but affiché du projet, la collecte d'instances difficiles pour les problèmes difficiles a une grande utilité pour le benchmarking d'algorithmes.

Les premiers problèmes examinés seront la coloration de graphes, le problème du voyageur de commerce, et le problème de satisfaisabilité booléenne. Ce choix reflète le souci de l'utilité pratique, ces problèmes ayant de nombreuses applications industrielles, et pour les deux derniers, la large disponibilité de codes d'optimisation empiriquement éprouvés. Trois étudiants (un projet de Master 2 Recherche et deux projets de Master 1) travaillent déjà sur ce sujet et une thèse devrait démarrer sur ce thème en septembre 2009, suivie d'autres si le sujet est prometteur.

En conclusion, l'équipe est constituée depuis maintenant deux ans et demi. Cette période nous a permis de connaître les travaux des uns et des autres. Des collaborations se sont créées au sein de l'équipe (co-encadrement de thèse). Les prochaines années devront permettre de positionner une partie des travaux de l'équipe sur ce thème transversal sur lequel nous voulons être visibles et reconnus. Ce sera un des enjeux du prochain contrat quadriennal.

Positionnement par rapport aux thèmes transversaux du labo

Les travaux de l'équipe, pour un certain nombre d'entre eux, s'intègrent très naturellement dans les thèmes prioritaires du laboratoire.

Le positionnement du laboratoire sur le développement durable nous conduit naturellement à intégrer cette problématique dans plusieurs projets de recherche. Les problèmes de transport qui seront étudiés intégreront des indicateurs ou des coûts écologiques au moment de la recherche de solutions optimisées. Les travaux sur le *lot sizing* couplé ont pour but de rationaliser le transport entre partenaires de la chaîne logistique, et la prise en compte environnementale est très présente. L'étude des politiques de gestion des emballages réutilisables intégrant la logistique inverse sera poursuivie pour mieux comprendre la complexité théorique des problèmes et pour mieux estimer la taille juste nécessaire d'un parc. Tous ces travaux peuvent être mis sous la bannière de chaîne logistique verte. Ceci sera également pris en compte dans les travaux de conception produits et chaînes logistiques.

L'étude des mécanismes de coordination et la valeur des informations partagées pour des décisions distribuées dans les chaînes logistiques entre naturellement dans le thème transversal « entreprise étendue » de G-SCOP.

Dans le domaine de la micro-électronique, également thème transversal pour le laboratoire, notre équipe est très active. A ce titre, on peut citer les actions menées dans l'axe optimisation combinatoire appliquée dans lequel des partenariats forts sont en cours et amenés à se poursuivre.

B.3 DC Gestion et Conduite des Systèmes de Production (GCSP)

Membres du domaine de compétence en octobre 2009

3 PR et DR : FLAUS Jean-Marie (PR61), FREIN Yannick (PR 61), JACOMINO Mireille (PR 61)

7 MCF et CR : ADROT Olivier (MCF 61), ALPAN Gülgün (MCF 61), DI MASCOLO Maria (CRI 07) – HDR, GAYON Jean-Philippe (MCF 27), PLOIX Stéphane (MCF 61), SIMEU-ABAZI Zineb (MCF 61) – HDR, ZAMAI Eric (MCF 61) – HDR

13 doctorants :

1A (2009) : NGO Quoc Dung, PHAN Thi Huyen Chau, DUONG Quoc Bao, VERCRAENE Samuel, MASSONNET Guillaume (+ROSP), DE OLIVEIRA Gregory

2A (2008) : ÖZTURK Onur (+ROSP), LE Minh Hoang

3A (2007) : SURBIER Laurène (CIFRE Siemens +CC), GIAP Quang Huy, FAKHFAKH Myriam (CIFRE PSA)

4A (2006) : ZERHOUNI Hichem (soutenance prévue le 6 novembre)

5A (2005) : ALALI ALHOUI Ahmad

10 doctorants extérieurs à G-SCOP - 5 G2Elab (LU Shaokun, N'GUYEN Trung Hieu, CHENAILLER Hervé, MISSAOUI Rim, WARKOZEK Ghaith), 2 SITE/ENSME (KARAGIANNIS George, JACOB Juan), 1 LASPI (ZHANG Tian), 1 Cameroun (MBEMMO Sylvain), 1 Maroc (EL GHAZI Rakia)

5 post doc (ABRAS Shadi, AL-ALHHAM Adib, HARAWAH Lamis, LE Xuan Hoa Binh, ABED-ALRAHIM Yassine)

Problématique générale et évolutions majeures

Comme indiqué dans le bilan, les travaux menés dans le domaine de compétence Gestion et Conduite des Systèmes de Production concernent les systèmes de production de biens et de services dynamiques (qui évoluent en fonction de décisions de gestion successives et des événements extérieurs). Une caractéristique commune à nos travaux est la prise en compte de l'incertain pour comprendre et maîtriser la dynamique des systèmes étudiés, afin de leur garantir des performances qui soient conformes à des exigences préalablement fixées. Les incertitudes que nous considérons peuvent être des aléas de fonctionnement (comme des pannes des équipements, par exemple), des incertitudes sur l'environnement (arrivée des demandes ou arrivée de produits à traiter, par exemple), ou encore des aléas majeurs, ou risques (comme la dispersion chimique, par exemple).

L'un de nos objectifs est la résolution de problématiques génériques. Nous cherchons alors à développer des méthodes génériques efficaces pour maîtriser l'impact des incertitudes sur les performances des systèmes de production. Ces méthodes peuvent agir en réaction à un aléa, comme le fait la commande réactive, par exemple, ou en anticipation, comme c'est le cas pour la robustesse, par exemple.

Une autre partie de nos travaux concerne des applications dans des secteurs à fort potentiel et enjeu sociétal. Nos études ont alors pour origine des problématiques réelles, que nous cherchons à résoudre en mobilisant les outils appropriés.

Dans les deux cas, nos travaux se veulent proches des applications réelles, comme en témoignent les nombreux partenariats, matérialisés par des thèses CIFRE, ou des contrats institutionnels (ANR, Région, ...) dans lesquels des industriels sont souvent fortement impliqués.

Outils utilisés. La plupart des outils de modélisation que nous utilisons et des méthodes de résolution que nous développons sont spécifiques aux systèmes à événements discrets et à la recherche opérationnelle. Les problèmes que nous traitons sont des problèmes stochastiques,

mais nous utilisons aussi bien des modèles stochastiques (Chaînes de Markov, Réseaux de files d'attente, Réseaux de Petri Stochastiques, Processus de décision markoviens, Simulation à événements discrets), que des méthodes déterministes, comme l'approche par scenarii, pour les résoudre. Enfin, nous utilisons également une approche ensembliste par intervalles.

Pour le prochain quadriennal, nous souhaitons consolider les études entreprises, mais nous allons également nous orienter vers des travaux plus proches des services et de l'utilisateur, renforcer les aspects probabilistes, ou encore aborder de nouvelles problématiques issues de nos terrains industriels.

Nos travaux sur les problématiques génériques peuvent être classés en deux grandes catégories : la sûreté et la maîtrise des risques, d'une part, et l'évaluation de performances et l'optimisation des flux, d'autre part. Les secteurs sur lesquels nous allons nous focaliser sont ceux des semi-conducteurs, de l'énergie et de la production de soins.

Projets du prochain plan CQ

Nous présentons ces projets sous la même structuration que lors de notre bilan : problématiques génériques suivies des applications.

Problématiques génériques

Sûreté et maîtrise des risques

L'objectif général de nos travaux dans ce domaine est de concevoir un système de pilotage garantissant que le système fonctionne comme spécifié, malgré l'occurrence d'aléas, ou prévenir ou même empêcher l'occurrence des aléas. Nous cherchons à développer des méthodes pour :

- Analyser a priori les possibilités de dysfonctionnement et de dégradation d'un système (analyse de risques).
- Réagir à l'aléa en reconfigurant dynamiquement le système afin qu'il garde un fonctionnement acceptable, même en mode dégradé (surveillance, reconfiguration dynamique des procédés industriels).
- Rechercher l'origine de l'aléa (diagnostic).
- Réparer au mieux les équipements et prévenir de nouvelles défaillances (maintenance).

Pour ce qui concerne l'analyse de risque, nous chercherons dans le prochain quadriennal à la formaliser, en modélisant des systèmes de gestion de crise correspondant à des situations anormales de la vie industrielle ou publique (nouvelle thèse dans le cadre du projet SENSICITY). Le modèle obtenu permettra alors de réaliser une analyse systématique des dysfonctionnements du processus, de leur propagation et des enjeux associés en permettant notamment d'appréhender les conséquences d'une perte de services ou de ressources. Nous utiliserons des modèles à intervalles pour prendre en compte les incertitudes et les propager.

Pour ce qui concerne la reconfiguration dynamique des procédés industriels, nous chercherons à prendre en compte des modèles probabilistes au sein de l'approche déterministe développée jusqu'à présent.

Nos travaux sur le diagnostic porteront sur l'identification des processus de diagnostic, qui ne seront plus considérés simplement comme un problème à résoudre, mais comme un processus complet. Nous continuerons également nos travaux sur le diagnostic à l'aide d'automates temporisés, en cherchant maintenant à automatiser le processus de diagnostic. Enfin, nous nous intéresserons au filtrage des alarmes, dans une nouvelle thèse CIFRE avec Eurocopter.

Pour finir, nos travaux sur la maintenance porteront sur l'optimisation des activités de maintenance dans un cadre distribué, en prenant en compte les pannes, et non plus uniquement la maintenance préventive, comme c'était le cas dans les travaux passés. Une

dernière étude portera sur la maintenance des réseaux de distribution d'eau potable et sera réalisée dans le cadre d'une collaboration avec le Cameroun.

Evaluation de performances et optimisation des flux

L'objectif général de nos travaux dans ce domaine est, d'une part, de comprendre le système étudié et sa dynamique en prédisant son comportement dans différentes situations, et, d'autre part, de définir des politiques de pilotage des flux qui garantissent au système un certain niveau de performance, malgré l'occurrence des aléas. Nous recherchons des méthodes efficaces pour :

- Prédire les performances de différents systèmes de production (évaluation de performances).
- Définir des politiques qui garantissent des performances souhaitées (conduite robuste de flux).
- Rechercher une politique optimale permettant de gérer les stocks en minimisant les coûts de stockage, approvisionnement, mise en attente des demandes... (gestion de stocks).
- Aider à la prise de décisions dans les chaînes logistiques (optimisation des flux)

Nous avons par le passé développé des méthodes analytiques pour évaluer les performances de différents systèmes de production. Pour le prochain quadriennal, nous nous intéresserons à des systèmes de production produisant par lots. Nous proposerons en particulier des extensions à la méthode développée par nos collègues de Karlsruhe dans le contexte des réseaux de files d'attente à temps discrets. Ces travaux trouveront des applications dans l'étude de systèmes Heijunka ou l'étude des services de stérilisation de dispositifs médicaux.

Pour ce qui concerne la conduite robuste de flux, nous allons, à l'aide de la méthodologie d'optimisation robuste que nous avons développée ces dernières années, étudier le lien entre robustesse et sensibilité.

Une autre étude dans ce volet concerne l'évaluation de performance pendant la montée en cadence, qui représente une période de production avec de fortes incertitudes et une grande variabilité. Nous nous focaliserons, en particulier, sur le suivi des indicateurs de performance (coût, qualité, délai) et sur la prédiction du comportement du système par simulation.

Les travaux sur la gestion de stock concerneront la recherche de politiques optimales pour la gestion de stocks multi-produits à temps périodique, en considérant des demandes pour les différents produits qui sont supposées aléatoires et corrélées entre elles. Un autre travail concernera l'optimisation de stocks multi-échelon.

Plusieurs travaux concerneront l'optimisation des flux dans les chaînes logistiques. Nous nous intéresserons en particulier à la poursuite de nos travaux sur la coordination de chaînes logistiques avec flux inverses, et nos perspectives sont détaillées ci-dessous (projet phare). Un autre travail concerne l'étude de divers risques dans les chaînes logistiques, en recherchant tout d'abord à établir une typologie de ces risques, puis à intégrer les résultats dans les outils de modélisation et de conception de la chaîne logistique et les outils de contrôle, en temps réel, de la chaîne. Nous aborderons également la problématique de chaîne logistique verte, en cherchant à minimiser les transports dans la chaîne logistique. Pour finir, nous continuerons les travaux portant sur l'optimisation des opérations internes des plateformes de crossdocking, (qui consistent à dégroupier et regrouper des marchandises reçues selon leurs destinations, pour les envoyer aux clients le plus vite possible), mais en utilisant maintenant des modèles probabilistes pour modéliser, par exemple, une arrivée aléatoire de camions.

Enfin, nous poursuivrons nos travaux sur la diversité dans le cadre d'une politique d'assemblage à la commande.

Applications

Nous souhaitons dans les années qui viennent continuer à développer des applications dans les secteurs à fort potentiel et enjeu sociétal que sont l'énergie, la santé et la microélectronique. La plupart de ces travaux seront réalisés dans le cadre de projets européen, nationaux ou régionaux, dont certains sont en cours, et d'autres démarreront prochainement. Notons aussi que plusieurs projets ont été déposés récemment et pourront peut-être démarrer dans le prochain quadriennal.

Enfin, nous poursuivrons également nos travaux dans le domaine de l'industrie automobile, dans le cadre de la thèse CIFRE en cours portant sur la recherche d'outils pour la planification dynamique d'une usine de mécanique.

Energie

Les travaux sur cette problématique font suite à des travaux menés depuis plusieurs années en collaboration avec plusieurs laboratoires, dont le laboratoire de Génie Electrique de Grenoble (G2Elab). Dans les années qui viennent, nous nous intéresserons plus particulièrement aux aspects suivants :

- la conduite des flux énergétiques dans l'habitat (multisources/multicharges/multiflux)
- la supervision des pannes généralisées dans les réseaux de transport électrique.

Pour ce qui concerne les flux énergétiques dans le bâtiment, les principales nouveautés pour le prochain quadriennal concernent la prise en compte du comportement des usagers (modélisation et prédiction) et l'intégration de l'incertain. L'utilisation de modèles probabilistes est envisagée. Cette thématique de recherche est développée plus en détails dans la suite du document (projet phare).

Des travaux porteront également sur la supervision et le diagnostic dans les réseaux électriques et s'intéresseront plus particulièrement à la reconfiguration dynamique de ces réseaux.

Semi-conducteurs

Le secteur du semi-conducteur, qui est un secteur d'application relativement nouveau pour notre DC, est non seulement caractérisé par un environnement très incertain (indéterminisme du flux de produit, poussières qui peuvent entraîner des pertes de produits voire des propagations de pollutions (contamination) sur les machines aval, dérèglages des machines, pollution liée à la présence des opérateurs humains, ...), mais également par une recherche permanente d'une production à capacité maximale afin d'assurer un retour sur investissement sur des machines très onéreuses. Nos travaux porteront sur différents aspects :

- diagnostic et analyse de risques
- pilotage des systèmes de production

Le premier point sera abordé dans le cadre du projet européen IMPROVE (Implementing Manufacturing science solutions to increase equipment pROductiVity and fab pERformance), en collaboration avec le DC SIREP. Notre objectif sera de développer des méthodes de diagnostic de défaillances premières afin d'en anticiper/déduire les causes et les conséquences et ainsi participer au processus global d'optimisation des tests paramétriques (où et quand ?) et de reconfiguration des lois de commande du flux de produits. Il s'agira en particulier de confronter deux types d'approches, l'une déterministe, et l'autre probabiliste s'appuyant notamment sur des techniques Bayésiennes.

Le deuxième point concerne le problème suivant : la fabrication de processeurs comprend de nombreuses opérations et se termine par un test de rapidité des processeurs. En fonction de leurs performances, les processeurs sont classés en plusieurs types de produits, substituables par d'autres. Les résultats des tests sont aléatoires. L'objectif est alors de contrôler un tel système, afin de minimiser l'espérance des coûts.

Systèmes de production de soins

Les travaux concernant ce secteur d'application ont démarré il y a quelques années, en collaboration avec des chercheurs de GIPSA lab et du LASPI, et se sont concrétisés par des thèses en co-encadrement, et plusieurs projets institutionnels. Pour les années qui viennent, nous souhaitons continuer à nous intéresser à deux types de problématiques :

- l'organisation des soins à domicile (chimiothérapie à domicile, maintien à domicile de personnes âgées, hospitalisation à domicile)
- l'amélioration des flux dans certains services hospitaliers (stérilisation de dispositifs médicaux)

Pour ce qui concerne le premier point, nous nous intéresserons plus particulièrement à la chimiothérapie à domicile, dans le cadre du projet OSAD (Organisation des Soins A Domicile), qui a démarré en septembre 2009 et est financé par le cluster GOSPI) et une thèse coencadrée par le LASPI. Nos travaux concerneront la planification des traitements tout en satisfaisant les contraintes, l'amélioration de la coordination entre les acteurs, et la spécification des outils de communication et de pilotage par la performance. D'autres travaux, toujours dans le cadre du projet OSAD, porteront sur l'ordonnancement de l'activité de soins d'un patient soigné dans le cadre d'une hospitalisation à domicile, et seront réalisés en collaboration avec le DC ROSP. Cette problématique sera abordée en prenant en compte les contraintes spécifiques à l'hospitalisation à domicile (multirésources, contraintes de continuité, fenêtres de temps) et dans le but d'optimiser la qualité de vie du patient. D'autres travaux porteront enfin sur la détection de la perte d'autonomie de personnes âgées vivant seules à leur domicile.

Pour ce qui concerne le deuxième point, nous chercherons, en collaboration avec le DC ROSP et le laboratoire GIPSA lab, à développer des méthodes d'optimisation du chargement des laveurs et à étudier l'impact de cette optimisation sur l'ensemble du service de stérilisation. Un travail démarre également, dans le cadre d'une thèse en co-encadrement avec le Maroc, sur l'évaluation de performances d'un service de stérilisation par des méthodes analytiques.

Actions phares.

Nous allons maintenant présenter de façon plus détaillée 2 actions phares, emblématiques de recherches que nous souhaitons développer, portant sur les « Flux énergétiques dans le bâtiment » et « Coordination de chaînes logistiques avec flux inverses ».

Flux énergétiques dans le bâtiment

Aujourd'hui, la principale vocation des bâtiments avec leurs équipements est de fournir du confort aux habitants. Pour y parvenir, les bâtiments consomment de l'énergie thermique, électrique ... Nous nous intéressons exclusivement à la gestion de l'énergie électrique. Les bâtiments prélèvent de l'énergie du réseau de distribution électrique et transforment localement de l'énergie primaire (photovoltaïque,...) en énergie électrique (ou autre énergie finale). L'énergie prélevée sur le réseau de distribution électrique par le secteur bâtiment résidentiel et tertiaire représente, en France, 64% de la consommation totale. De nombreux signes laissent présager d'un bouleversement du secteur bâtiment induit par la part croissante des énergies renouvelables (objectif 23% pour 2020 selon le Grenelle de l'environnement) tant au niveau des fournisseurs d'énergie que des sources de production locale. Pour faire face à ces nouveaux défis, les systèmes énergétiques devront devenir éminemment communicants et intégrer des algorithmes d'optimisation et d'apprentissage afin de tirer le meilleur parti des bâtiments en tant qu'acteurs du réseau.

Le laboratoire G-SCOP a acquis une expérience dans la supervision des flux énergétiques dans le bâtiment à travers 4 thèses qui représentent une prise en compte progressive des problématiques d'usage des solutions de gestion optimisée de l'énergie :

- la première est une approche centralisée, de type optimisation combinatoire,

- la deuxième est une approche distribuée, de type multi-agent par co-construction de solutions,

- la troisième, qui est en cours, prend en compte le fait que les services énergétiques ne sont pas exactement connus à l'avance ; elle a pour objectif de développer différentes méthodes de prise en compte des risques liés à ces incertitudes. Ces risques étant des risques de non délivrance du service, de délestage intempestif, et pourquoi pas de blackout. Deux types d'incertitudes sont considérées : les incertitudes paramétriques (prévisions météorologiques,...) et les incertitudes d'occurrence (la demande ou non d'un service par un usager)

Deux autres thèses sont en cours, en collaboration avec le laboratoire G2ELab, pour l'intégration de ces outils d'optimisation avec des outils métier de simulation : une sur la transformation de problèmes d'optimisation pour le bâtiment, une autre sur la simulation temps-réel hybride de type hardware in the loop pour valider certains équipements domotiques.

L'ensemble de ces travaux est réalisé dans le cadre de contrats qui mobilisent également 4 ans de contrats de post-doctorat (deux sur le développement du prototype Multisol, un sur les algorithmes de prédiction de demandes de service par les habitants, un sur la construction de modèles réactifs d'habitants (dont le comportement dépend du contexte) en vue de la validation par simulation en temps-virtuel, 3 masters recherche. Ces travaux sont réalisés avec des collaborations fortes et établies depuis plusieurs années avec les laboratoires G2ELAB, LIG, LEGI (avec les thermiciens du bâtiment), l'Institut National de l'Energie Solaire (projets ANR Multisol et DLDPV), le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (projet ADEME ENVHY) et des industriels comme Schneider Electric ou Orange Labs (projets FUI solutionPV, Senscity).

Coordination de chaînes logistiques avec flux inverses

Les clients peuvent retourner des produits pour des raisons diverses. Certains retours ont lieu immédiatement après l'acte d'achat, en général car le client a changé d'avis. Ces retours sont particulièrement fréquents lorsqu'il n'est pas possible de toucher ou d'essayer le produit, notamment dans le cadre de la vente en ligne ou par correspondance. Les taux de retour sont ainsi estimés à 30 % dans le commerce électronique. Par ailleurs, de nombreuses entreprises reprennent des produits usagers et les recyclent. Leurs motivations peuvent être économiques (par exemple Kodak ou Xerox) ou encore marketing (consommateurs écologistes). Néanmoins, la principale raison de la forte croissance des activités de recyclage et de re-manufacturing est d'ordre légal. En effet, de plus en plus de législations sont mises en place, obligeant les industriels à assurer le recyclage de leurs produits.

Quelles qu'en soient les raisons, les retours de produits introduisent des flux inverses et aléatoires dans les chaînes logistiques. Ces flux inverses, en s'ajoutant au flux de production initial, perturbent et compliquent la gestion classique des stocks et de la production. Le manager doit impérativement intégrer ces flux dans ses modes de gestion afin d'éviter des stocks en excès. Par ailleurs, il doit arbitrer entre plusieurs choix concernant le produit retourné : réutilisation directe, réutilisation après réparation, utilisation différente de celle originelle, mise au rebut.

Dans le cadre de systèmes logistiques à un étage, de nombreux travaux de recherche ont permis d'exhiber la nature de la politique optimale ou de proposer des heuristiques efficaces. Dans le cadre de systèmes logistiques à plusieurs étages (série, divergent, convergent ou général), les travaux de recherche sont beaucoup plus limités.

L'objectif de nos travaux sera de contribuer à la définition de règles, optimales ou heuristiques, permettant de coordonner des chaînes logistiques confrontées à des flux retours.

Nous nous intéresserons à des modèles stochastiques, permettant de modéliser les aléas de la demande, des retours et de la production. Les principaux outils mathématiques utilisés seront les chaînes de Markov, la théorie des files d'attente, la simulation de Monte-Carlo ainsi que la programmation dynamique stochastique.

Positionnement par rapport aux thèmes transversaux du labo

Notre projet se situe au coeur du projet du laboratoire, dans le sens où nous apportons des réponses aux différentes questions qui intéressent G-SCOP pour le prochain quadriennal.

En effet, nos travaux dans le secteur de l'énergie, d'une part, et la logistique inverse, d'autre part, contribuent à la problématique de la production soutenable environnementalement. Ceux sur les chaînes logistiques contribuent à la problématique de la collaboration d'acteurs distribués. Enfin, nous investigons les nouveaux secteurs d'application qui intéressent plus particulièrement G-SCOP, à savoir le semi-conducteur, la santé et l'énergie.

B.4 DC Système d'Information et Représentations Multiples du Produit (SIREP)

Membres permanents :

Jean Bigeon (DR CNRS à G-SCOP), Samuel Bassetto (MCF Grenoble - InP), Gilles Foucault (MCF UJF-Grenoble), Pierre Genevois (MCF Grenoble - InP), Lilia Gzara (MCF Grenoble - InP), Jean-Claude Léon (Professeur Grenoble - InP), Peter Mitrouchev (MCF UJF - Grenoble), Michel Tollenaere (Professeur Grenoble-InP, responsable de l'équipe),

Personnel non permanent : Mhamed Sahnoun (docteur, ingénieur de recherche projet IMPROVE depuis janvier 2009)

Doctorants : Belgacem Bettayeb, Project IMPROVE, Muhammad Kashif Shazad, CIFRE ST Microelectronics, Ke Li, boursier MESR (1A), Hamedreza Izadpanah, boursier MESR (2A), Aymen Mili, CIFRE ST Microelectronics (3A), Robert Iacob, boursier roumain (4A)

Doctorants programmés en octobre 2009 : Valérie FIEGENWALD, Amélioration des processus opérationnels – application à une usine de production de systèmes électromécaniques (CIFRE Siemens), Safa HACHANI : déploiement de fonctions métier dans les systèmes PLM (bourse région GOSPI)

Problématique générale et évolutions majeures

L'équipe SIREP s'inscrit dans la thématique des recherches en génie industriel en s'intéressant aux systèmes d'information du couple Produit-Process et aux représentations multiples de produits au cours de leurs processus de développement, avec deux axes structurants :

- les représentations multiples des produits et leurs transformations de formes dans un contexte de vues produit multiples,
- les processus d'échange d'information entre conception, développement et industrialisation.

L'équipe s'est constituée durant le précédent quadriennal puisque 5 membres permanents (1 DR, 4 MCF) nous ont rejoints depuis 2006 ; elle axe sa stratégie vers les publications de rang A, l'encadrement de doctorants et les relations industrielles contractuelles. La constitution actuelle avec 3 HDR (1 de plus prévu fin 2009) et 5 MCF est équilibrée et pourra être renforcée pour contribuer aux nombreuses sollicitations en formation, recherche et transfert industriel.

Comme l'ont montré les nombreuses publications et études industrielles effectuées dans la période précédente, les SI industriels sont des SI riches où le 3D joue un rôle central. Des conversions de modèle efficaces sont une des clefs de l'efficacité des processus. Les projets de l'équipe pour le prochain plan quadriennal s'articulent autour des :

- modèles pour la conception préliminaire, avec la nécessité de manipuler une information floue, incomplète, parfois contradictoire.
- conversions de modèles géométriques entre vues métier différentes.
- un accent particulier sur les modèles de l'industrialisation où les enjeux sont d'une part de maîtriser les productions en cours, d'autre part de faire remonter au design les données pertinentes captées sur les process.

- des modèles de robots flexibles à liaison par câble en vue de l'assemblage/désassemblage.
- enfin ces axes sont sous-tendus par des travaux méthodologiques sur les SI avec en particulier
 - la question des nomenclatures, de leur représentation et des conversions entre ces représentations.
 - les représentations des workflow et processus dynamiques et des interactions avec les objets applicatifs.

Dans la suite, nous détaillons les objectifs, projets et collaborations sur chacun de ces axes.

– *Projets du prochain plan CQ*

On peut présenter les perspectives les projets du DC sur le prochain contrat quadriennal en 5 projets.

Modèles pour la conception préliminaire

L'augmentation de l'efficacité énergétique et la réduction de l'impact environnemental des dispositifs d'ingénierie peuvent être obtenues au moyen d'une méthodologie rationnelle de conception efficace. Cette méthodologie de conception doit prendre en compte la complexité d'un tel problème au vu du large éventail de solutions que les technologies avancées actuelles et futures peuvent offrir en termes d'actionneurs, d'alimentation électronique ou de mécanismes. Il faut aussi considérer les spécificités de l'application ainsi que l'environnement dans lequel doivent fonctionner ces dispositifs. Les notions d'efficacité énergétique et d'impact environnemental doivent être prises en compte dans leur globalité la plus large : prendre en compte la totalité de la durée de vie du dispositif, voire le coût énergétique de sa fabrication.

L'idée de départ de cette activité est de proposer des méthodologies de dimensionnement avec comme présupposé que les modèles de conception/dimensionnement sont à considérer comme des données. Nous cherchons à développer une approche fondée sur l'analyse de modèles analytiques avec génération automatique de code.

Développer des nouveaux algorithmes adaptés aux modèles de l'ingénierie de produits (problèmes non linéaires par essence continus par la modélisation de la physique, en introduisant des paramètres discrets liés par les aspects économiques, environnementaux et de fabrication, et en faisant appel à des fonctionnelles).

Compte tenu des cahiers des charges initiaux, il faut être capable de déterminer des zones de non-faisabilité vis-à-vis de du cahier des charges.

Nous cherchons donc à élaborer des méthodes plutôt de type déterministes, globales qui doivent répondre aux questions suivantes :

Y a-t-il une solution faisable ? Sinon, comment aider le concepteur dans la reformulation nécessaire de son cahier des charges ? Ai-je trouvé un optimum global ou local ?

Les recherches effectuées ont démarré en 2008 et ont conduit à définir et tester une méthode de pré-dimensionnement robuste sur des cas simples.

Adapter les techniques de calcul par intervalles combinées à l'optimisation. On s'appuiera ici sur les travaux des mathématiciens appliqués, des roboticiens, des informaticiens.

Notre spécificité vient des types de modèles que nous traitons : les modèles de l'ingénierie.

Compte tenu de la diversité des type de modèles et de leur complexité, il est nécessaire d'avoir en parallèle une approche de type plateforme logicielle afin de pouvoir utiliser pleinement les approches de type CAO existante (Catia), les aspects bases de données industrielles en particulier pour les matériaux et les données issues de base de données d'éco-

conception. Une des caractéristique originale de cette plateforme est qu'elle doit avoir comme données des « variables » au sens classique c'est-à-dire une valeur réelle ou complexe, un intervalle de valeur,... mais aussi des variables moins classique que sont les équations, les formules, les fonctionnelles. C'est ici l'ensemble de ces deux grandes classes de variables qui constituent les données du problème. Ceci impacte l'architecture de la plateforme.

Le but principal de cette plateforme est de permettre à un ingénieur de concevoir un dispositif performant, globalement efficace et bien adapté à son environnement immédiat.

Collaborations : (IRIT) sur l'optimisation « hybride », GdR SEEDS (LAPLACE, LGEP-Supelec, UTBM Belfort), EPFL-LAI (Suisse).

Multi-représentations des produits

Les principaux résultats obtenus lors de la période précédente peuvent être synthétisés comme suit :

- les travaux concernant la transformation d'objets entre « vues produit » tels que : liaison CAO-calcul, préparation de modèles pour la micro/nano-fabrication 3D, ..., ont permis de développer le concept de « bruit de modélisation » dans un contexte de système complexe de multi-représentations et la nécessité de modèles généraux de type « non-variété » assurant la représentation de modèles 3D ainsi que la décomposition de leur frontière pour y associer les informations non géométriques dont un composant, un produit, a besoin pour constituer des modèles efficaces s'intégrant de manière flexible dans des processus de développement de produits,
- les transformations subies par les composants au cours d'un processus de développement de produits sont très dépendantes des logiciels utilisés, actuellement basés sur un historique de construction. Dans le cas de formes gauches, il devient particulièrement difficile de modifier les objets modélisés. Des grammaires de formes et de processus de transformation ont été proposées et montrent la nécessité de recourir à une description intrinsèque des objets et à l'incorporation dans le modèle d'un objet d'éléments géométriques agissant comme interfaces entre des transformations successives de la forme de cet objet.

Les perspectives proposées s'appuient sur les collaborations en cours avec l'équipe EVASION du LJK, l'Univ. de Gênes, SINTEF, l'Univ. Québec, l'Univ. Belfast, le LSP Grenoble et la National Taiwan Univ. Des projets ont été formulés en commun avec ces entités (projets BQR Grenoble-INP, projet ANR ROMMA, projet ANR 3D-nanopatterning, projets PHC Aurora et Alliance, projet de recherche pôle SMING UJF).

La mise en évidence de propriétés topologiques globales de modèles « non-variété » et leur intégration avec des critères de transformation de formes entre « vues produit » sera poursuivi afin de permettre la préparation de modèles de simulation pour des assemblages ; la mise en cohérence de contraintes de génération de maillages EF à l'échelle des produits industriels, à l'échelle de structures métallurgiques ; le développement de processus de micro/nano fabrication. Ces travaux contribueront à la structuration des différentes représentations topologiques nécessairement associées à un objet.

L'objectif de développement de modèles mécaniques temps réel pour la simulation de modèles coques dans un environnement de réalité virtuelle s'inscrit dans la démarche précédente et aborde également l'évolution de périphériques destinés à la manipulation, la préhension de composants dans des mondes virtuels.

Cet objectif s'appuiera sur la mise en œuvre de l'environnement de réalité virtuelle de la plate-forme AIP-PRIMECA qui comporte un bras haptique à 6 composantes et un dispositif

de vision stéréoscopique sur grand écran. Les compétences acquises dans le domaine du calcul parallèle sur architecture multi-cœurs/GPU seront également mobilisées.

Les activités concernant les grammaires de formes et de leur processus de transformation, ainsi que la représentation intrinsèque des objets contribueront à une meilleure représentation du « design intent », à l'élaboration de fonctions intuitives de génération d'esquisses pour des composants fonctionnels ou bien comportant des formes gauches répondant à des besoins esthétiques ou des applications grand public.

Maîtrise dynamique du processus de production en phase d'industrialisation

L'industrialisation est, pour une organisation, le passage du processus de création au processus de réalisation de l'offre. Des investissements dans l'appareil productif sont réalisés à cette occasion et cristallisent des choix stratégiques. La maîtrise de ce système de production, neuf, transféré ou remodelé est alors une priorité afin de transformer les engagements financiers, en productions effectives.

Cependant, la maîtrise et la conduite de la phase d'industrialisation demeurent, à notre connaissance, peu étudiés et outillés. Ainsi par exemple, il est demandé de fournir des produits à la qualité croissante, afin d'atteindre un niveau standard, mais il n'est pas dit comment atteindre ce niveau. Cela se traduit par une juxtaposition de méthodes et bonnes pratiques. Ces outils², souvent conçus pour des régimes de production stationnaires, ne sont pas sûrs de pouvoir produire les effets attendus en environnement hautement évolutif. Peu mettent en œuvre de manière efficace des outils de retour d'expérience pour un pilotage amélioré. Durant l'industrialisation de nouvelles technologies, les contrôles établis pour l'apprentissage et la maîtrise du processus de fabrication sont progressivement supprimés. Néanmoins les données issues de ces contrôles sont réutilisées en de nombreux endroits. Or d'une part peu d'outils permettent d'étayer la diminution intelligible des contrôles et encore moins leur réutilisation au sein d'applications transversales de l'organisation. Ces travaux se concentrent à répondre à ce questionnement : comment mieux contrôler le projet d'industrialisation ?

Dans ce cadre, le problème opérationnel a été transcrit dans la littérature et aborde la sous-optimalité des plans de surveillance, leur inefficacité avérée dans certains cas, la déconnection entre les priorités des opérations et les analyses préliminaires des risques. Une investigation préliminaire, sur les cartes de contrôles ont permis de mieux défricher le domaine.

Ces travaux se développent en partenariat avec des partenaires industriels de premier plan au travers du projet européen IMPROVE, coordonné par STMicroelectronics et 35 autres partenaires. Une thèse CIFRE avec SIEMENS et une autre thèse CIFRE sur le support au Design For Manufacturing dans les industries semi-conducteurs viennent en appui de ce thème.

Modélisation des mécanismes cinématiques pour les opérations d'assemblage / désassemblage

Avec la mise en vigueur des nouvelles normes de législation environnementales, le problème de désassemblage et par la suite de recyclage des produits en fin de cycle de vie est de plus en plus d'actualité. Ainsi notre but sera de proposer une *méthode intégrée* pour la planification

² outils de maîtrise statistiques des procédés, démarches six sigma, programmes d'amélioration continue & lean...

de désassemblage, basée sur le Life Cycle Analysis, durant la phase de la conception du produit. Elle permettra d'aboutir à un arbre de désassemblage à partir d'une analyse hiérarchique des modules constituant le produit. L'arbre permettra de sa part de générer des *plans de désassemblage*. Après validation de ces derniers ils seront considérés comme des contraintes lors de la conception aidant ainsi les concepteurs d'estimer le niveau de désassemblabilité du produit. Cette méthode s'inscrit dans le cadre de la modélisation et de la simulation du processus de désassemblage de manière à mettre en place des méthodes et des outils indispensables pour la gestion du cycle de vie de produit dans l'optique d'un développement durable. Cette thématique de recherche sera (éventuellement) menée dans le cadre d'une coopération avec les partenaires étrangers participants au projet FP7-REGPOT-2009-1, Cluster 5 : *Methods and tools for environmental lifecycle assessment of products; modeling and simulation of assembly/disassembly operations*, déposé par l'Académie Bulgare des Sciences en décembre 2008. Le développement de cette thématique nécessite l'attribution d'une allocation du MESR dès 2010.

Gestion intégrée des processus métiers dans les systèmes PLM

Quelle que soit sa taille, une entreprise doit en permanence maîtriser et optimiser ses processus métiers pour innover et s'adapter à son environnement. Cette exigence place de fait, le système d'information au cœur de cette problématique puisque c'est le système d'information qui gère et régule les flux d'informations et les flux de travaux associés aux processus métier d'une entreprise. Dans un contexte d'innovation et d'ingénierie de produit, il s'agit en particulier des systèmes d'information spécialisés dans la gestion du cycle de vie des produits, dénommés PLM (Product Lifecycle Management). Les PLM sont des systèmes complexes traitant les flux d'informations et les flux de travaux complexes liés au produit industriel, en prenant en compte sa structuration (l'information liée à tous les processus métiers), son évolution (toute l'information évolutive concernant le produit de la conception au recyclage), et son intégration (l'information apportée par tous les acteurs internes ou externes de l'entreprise).

L'objectif de nos travaux dans ce contexte est de fournir les concepts et les outils qui simplifient la synchronisation des différents outils métier au sein du système d'information dans le but de gérer l'entreprise de façon la plus étendue et la plus homogène possible. En termes plus techniques, il s'agit de rendre possible l'intégration globale des processus métier, en particulier les processus métier collaboratifs (ingénierie, conception, gestion des modifications, industrialisation,...), pour les rendre aisément manipulables même lorsque les ressources sont réduites (comme c'est le cas pour les PME). En substance, l'objectif à 4 ans de nos travaux sera la spécification et le prototypage d'un atelier de gestion et de suivi intégrés du cycle de vie de l'ensemble des informations techniques du produit dont le pilotage sera effectué par les processus métiers et qui s'appuiera sur les systèmes PLM.

Le contexte scientifique de ces travaux se positionne sur plusieurs domaines de recherche. Il implique une synergie entre deux champs disciplinaires : les sciences de l'information et le génie industriel. Il s'agit d'adresser des problématiques autour des thèmes

- d'analyse et conception de systèmes d'information articulées à la gestion des processus métiers (BPM) ;
- d'intégration des outils informatiques avec les architectures orientées services et les problèmes d'interopérabilité ;
- de flexibilité et agilité de systèmes et enfin

- de suivi et de pilotage des processus métiers avec la définition et la gestion d'indicateurs de performance.

Dans ce cadre, des collaborations sont prévues avec des spécialistes en génie logiciel (laboratoire LISTIC d'Annecy et laboratoire LIG de Grenoble).

– *Positionnement par rapport aux thèmes transversaux du labo*

Les thèmes présentés ci-dessus s'inscrivent dans les thématiques transversales du laboratoire et font l'objet de collaboration avec les autres équipes :

- les thèmes « modèles pour la conception préliminaire » avec ROSP et « assemblage/désassemblage » avec OC dans la thématique développement durable,
- le thème « industrialisation » se développe avec GCSP et ROSP, notamment dans le cadre du secteur microélectronique,
- le thème « PLM et Workflow » avec CC, adressant la problématique de la modélisation des données et processus dans un cadre d'acteurs distribués.

B.5 DC Conception Produit-Process (CPP)

Membres du domaine de compétence en octobre 2009

PR et DR

BRISSAUD Daniel (PR 60), PARIS Henri (PR 60 – Directeur de l’UFR de Mécanique), TICHKIEWITCH Serge (PR 60), TERRIEZ Jean Michel (PR60 – Directeur de l’IUT1), VILLENEUVE François (PR 60 – Directeur adjoint de G-SCOP).

MCF et CR

MARCELIN Jean-Luc (MCF, HDR 60), MATHIEUX Fabrice (MCF 60), THOMANN Guillaume (MCF 60), VIGNAT Frédéric (MCF 60 – à partir de 09/09), ZWOLINSKI Peggy (MCF 60, HDR 60 – responsable du DC)

Autres membres

ROCCHI Valérie (chargée de mission Cluster GOSPI), BELLE-PERAT Françoise (Assistante EMIRAcle), RIEL Andreas (Post Doc EMIRAcle)

Doctorants

2A : AMAYA RIVAS Jorge Luis, BOONYASOPON Pawanee, ONDER Olcay, ROBERT Arnaud

3A : BONDARENKO Dmitry, KONGPRASET Nattapong, LEMAGNEN Maud, NAISSON Pierre, NGUYEN Dinh Son, ALHOMSI Hayder

4A et plus : JANTHONG Nattawut, KAMALINEJAD Mojtaba, RASOULIFAR Rahi, ZIRMI Said

Nouveaux membres prévus à partir de septembre 2009

Doctorants : Cécile MAGNIER, Jérémy BONVOISIN, Bertrand LARATTE, Aurélie VILLARD, Ingwild BAUDRY

Ingénieurs de recherche : Lucie DOMINGO, Alan LELAH

Problématique générale et évolutions majeures

Rappelons que le domaine de compétence « Conception produit-process » a pour objectif de proposer des méthodes de conception de produits et de process intégrant les connaissances et savoir-faire liés à l’ensemble de leurs situations de vie.

Il s’agit au cours de nos recherches de :

- Comprendre et modéliser les expertises liées aux métiers du cycle de vie du produit :
 - celles liées à certaines phases du cycle de vie et qui concernent en particulier la fabrication (les gammes de fabrication, le système usinant, ...), l’usage (produits orientés utilisateurs, Systèmes Produits Services), la fin de vie (désassemblage, recyclage, remanufacturing,...),
 - celles liées à des aspects transversaux couvrant l’ensemble des phases du cycle de vie du produit et qui prennent en compte les défauts géométriques, les exigences des acteurs du cycle de vie ou encore l’environnement,
 - celles issues de nouvelles approches technologiques : mécatronique, process innovant en fabrication, UGV.
- Mettre à disposition des équipes de conception ces connaissances et savoir-faire par le biais :
 - d’outils d’interface entre les experts et le groupe de travail,
 - de modèles pour l’intégration des expertises en conception,
 - de méthodologies de conception.

Le principe fondateur de la conception intégrée sort réaffirmé et élargi des crises qui frappent les modes de production, en particulier pour nous dans sa composante de conception : tous les contributeurs de la conception ont des exigences et des contraintes légitimes et équivalentes. Ceci permet aux concepteurs de prendre les « bonnes » décisions au « bon » moment et limite les retours en arrière lors d'événements non prédictibles ou inconnus au moment de la décision. C'est pourquoi nous développons depuis de nombreuses années

- des modèles supportant les différents « métiers » de la conception en vue de leur intégration dans le processus de conception : des modèles de connaissances « métiers » et des modèles d'activités « métiers » qui servent de support à des méthodes et des outils « métiers »,
- des méthodes permettant l'intégration elle-même : méthodes de conception, d'évaluation, d'aide à la décision, de gestion de connaissances.

Dans une continuité du travail, le projet du DC pour les 4 ans à venir met l'accent sur la demande sociétale de produits et productions pour le développement durable. Les systèmes à concevoir pour le futur se doivent donc de répondre aux exigences humaines (Satisfait-on vraiment le client ? Le couple produit-utilisateur est-il optimum ? Le travail du concepteur est-il efficient ?), aux exigences environnementales (Nous servons-nous correctement de la matière et de l'énergie ? Saurons-nous comment gérer les déchets ? Quelle contribution réelle à la biodiversité et au réchauffement climatique ?), aux exigences de business (Est-ce que la nouvelle conception permet un profit suffisant ? Est-ce que tous les partenaires peuvent faire leur propre profit ?), tout en continuant à répondre aux performances techniques attendues (performances physiques et de production) qui sont maintenant bien intégrées dans les processus de conception et leurs outils.

Ceci se traduit par 3 axes principaux de recherche

- L'amélioration des modèles « métiers » pour le développement durable
 - o Modèles des usages par scénarios et méthodes de conception centrée sur l'utilisateur
 - o Méthodes d'éco-conception des produits, services, technologies et systèmes de production
 - o Méthodes d'évaluation de la qualification des concepteurs et méthodes de certification
- La prise en compte systématique du cycle de vie des produits dans les décisions en conception
 - o Modèles de variations géométriques et méthodes de simulation des produits
 - o Méthodes d'évaluation environnementale des systèmes
 - o Méthodes et outils d'intégration par knowledge mining
- Le développement de nouveaux modèles de production dont le potentiel développement durable est important
 - o Analyse et conception des systèmes produits-services
 - o Modèles et simulation de nouvelles technologies de fabrication innovantes

Projets du prochain plan CQ

Ces projets sont liés à des projets institutionnels acceptés récemment ou à des thèses qui démarrent à la rentrée 2009.

Projet AE2M « Intégration des spécificités perceptivo-motrices des utilisateurs dans le processus de conception : Application aux systèmes d'aide à la pratique musicale pour personnes handicapées ». Avec les partenaires scientifiques et institutionnels suivants : Laboratoire de Psychologie et de NeuroCognition (R. Palluel-Germain, E. Gentaz),

Association AE2M (Adaptation Ergonomique de Matériel Musical), établissements accueillant les enfants en situation de handicap, Conservation à Rayonnement Régional de Grenoble (J. Cordier).

Dans le cadre d'un projet Cluster HVN et d'un financement SMING-VPR UJF, des financements ont été obtenus pour ce projet à hauteur de 60k€ ainsi qu'une bourse de thèse classée A par l'ED IMEP2. Dans ce cadre, la thèse de Cécile Magnier dirigée par *F. Villeneuve* et *P. Zwolinski* et codirigée par *G. Thomann*, démarre dès la rentrée 2009. Ce travail a pour objectif de contribuer à une meilleure prise en compte des usagers et usages, par la mise en place d'outils et de méthodes permettant de caractériser les spécificités perceptivo-motrices des utilisateurs dans le processus de conception. Il s'agira d'élaborer des techniques d'analyse et de diagnostic concernant la cinématique des gestes des utilisateurs, dans le but de les caractériser et dans un deuxième temps de les exploiter. Deux objectifs seront poursuivis :

- La construction d'expertises sur les spécificités perceptivo-motrices des usagers : il s'agira en particulier de proposer des outils et des protocoles pour la mesure et l'interprétation des possibilités gestuelles des usagers (analyses cinématiques, comportementales,...).
- L'intégration de ces expertises en conception : la méthodologie d'intégration de cette expertise en conception devra permettre d'une part l'amélioration des produits en cours de conception, mais pourra également contribuer à une meilleure définition des usages, pour des applications de rééducation (gestes d'atteinte ou manipulations pour des personnes en situation de handicap).

Projet UE piloté par Andreas Riel : le projet de transfert d'innovation iDesigner (Certified Integrated Design Engineer) aborde la qualification et la certification professionnelle du nouveau métier de l'ingénieur en conception intégrée. Les ingénieurs concepteurs y ont besoin de plus en plus de compétences afin de maîtriser la complexité des produits. Ils doivent en effet prendre en compte les multiples contraintes apportées par l'ensemble des acteurs intervenant durant la vie complète du produit. Cette évolution s'observe dans l'ensemble des secteurs industriels, que ce soit l'automobile, les produits blancs ou les meubles. La plupart des qualifications exigées ne seront acquises que pendant la carrière professionnelle des concepteurs. Les recruteurs industriels demandent donc des moyens d'évaluer ces qualifications selon un système de certification adapté, ainsi que des modules de formation qui permettent à leurs employés d'acquérir ces qualifications d'une façon très efficace. La qualification et la certification de ces compétences doivent être disponibles et reconnues au niveau international, de façon modulaire, afin de répondre aux demandes des équipes de plus en plus gérées en réseaux internationaux. Ce projet définira un ensemble de compétence et de critères de certification en s'appuyant sur le système de l'ECQA (European Certification and Qualification Association). Il fera participer des industriels à un niveau international, et il mettra en application les résultats dans des établissements associés.

Projet Knowledge Mining : dans le cadre d'une collaboration avec le centre pour la gestion d'information et de connaissances de l'université KMUTNB en Thaïlande : Découverte et compréhension automatisées des informations et des connaissances (« Knowledge Mining ») dans des documents pour optimiser la valorisation des informations écrites dans des organisations de développement de produits. Ce travail fait l'objet de la thèse de Pawinee Boonyasopon dirigée par *Serge Tichkiewitch* et codirigée par *Andreas Riel*.

Potentiel environnemental des offres SPS (Systèmes Produits-Services) : ce projet de thèse est focalisé sur les offres de SPS qui contribuent à l'économie de fonctionnalités et aux systèmes de production durable. Ce travail est dirigé par *Peggy Zwolinski*. Au plan économique et

sociétal, ce changement de paradigme a une incidence forte : il transforme les relations entre l'entreprise et les consommateurs vers une plus grande adaptabilité au client ; il transforme les relations entre le consommateur et le produit en y intégrant de l'immatériel ; il transforme également les relations inter-entreprises par la nécessité de nouvelles formes d'offres intégrées. L'ambition de ce travail de recherche est donc de contribuer à une meilleure maîtrise de ces impacts multiples, et d'apporter un soutien aux transformations des modes de conception et d'organisation liés aux SPS. Dans la phase d'émergence de ce nouveau paradigme, un premier objectif est de formaliser les connaissances actuelles sur le sujet, de les développer et de les articuler, ceci au travers d'approches pluridisciplinaires.

En particulier il est admis que ces SPS sont très bénéfiques pour l'environnement. Nous allons donc mener une étude spécifique de la conception de ces SPS, selon le point de vue de l'ingénierie. Ainsi, ce sujet de thèse a pour premier objectif de développer un modèle paramétré pour aider à :

- comprendre les bénéfices environnementaux des SPS
- trouver les propriétés des SPS favorisant de réelles avancées environnementales

Le modèle de SPS devra inclure la plupart des avancées effectuées dans les approches cycle de vie ainsi que dans les approches multicritères. Il devra également prendre en compte l'amélioration continue des technologies impliquées. Il s'agira d'intégrer spécifiquement le fait que les produits soient éco-conçus et que les chaînes de fournisseurs et la logistique soient "vertes". Les objectifs poursuivis en parallèle doivent conduire à proposer des méthodes et outils pour évaluer les impacts environnementaux dans des systèmes complexes et hétérogènes et concevoir des SPS innovant et éco-conçus.

Groupe européen tolérancement : suite à la conférence CIRP CAT 2009 organisée par Annecy et Grenoble (F. Villeneuve), un groupe européen en Tolérancement est en cours de constitution sous la direction conjointe de F. Villeneuve (G-SCOP), L. Mathieu (LURPA, Cachan) et S. Samper (SYMME, Annecy). Il devrait regrouper des laboratoires d'une dizaine de pays européens.

Action phare.

Eco conception de produits. Nous allons maintenant présenter de façon plus détaillée une action phare emblématique des recherches que nous souhaitons développer, portant sur le thème de l'éco-conception.

Depuis une dizaine d'année, l'équipe mène des recherches en éco-conception, principalement axées sur la fin de vie du produit et sur l'intégration d'indicateurs environnementaux en conception. Aujourd'hui, la prise de conscience de l'ensemble des acteurs de la chaîne de production ainsi que les avancées actuelles en termes de mesures d'impacts environnementaux par les experts en environnement, nous conduisent à élargir ce champ d'activités.

Ainsi, de nombreux travaux de recherche sur le thème de l'éco conception de produits et de services se poursuivent (recyclage, remanufacturing, substances, méthodologie d'intégration des règles de conception pour l'environnement,...) ou démarrent (énergie, Closed loop strategies, conception de technologies et de process propres, ...).

Les projets associés sont : Mac PMR : Méthode d'Aide à la Conception de Produits Mécatroniques Remanufacturables, SyNerGico (SyNergie – énerGie - Conception) : Développement d'une méthode permettant d'intégrer et de piloter les performances énergétiques au cours de la conception, Evaluation des bénéfices environnementaux liés à des cycles de vie de produits en flux bouclés (Renault Trucks Remanufacturing), FUI SENSICITY : Conception de nouveaux services urbains, eco-conception de services.

Il s'agit toujours dans un premier temps de continuer à formaliser les connaissances et savoirs faire liés à la prise en compte de l'environnement, ceux-ci pouvant concerner des objets (matériaux, substances,...) mais aussi des process (fabrication, fin de vie) et des organisations (supply chain). En second lieu, il s'agit d'établir ou de stabiliser des modèles de références permettant la prise de décision en conception et donc l'intégration.

Positionnement par rapport aux thèmes transversaux du labo

Compte tenu de l'action phare décrite ci-dessus, le DC CPP s'intègre au cœur du thème transversal « Pour des systèmes de production soutenables environnementalement. »

Il contribue également fortement à la thématique de « Collaboration d'acteurs distribués », en particulier par le biais des thèses coencadrées par des membres des 2 domaines de compétences CPP et CC. Enfin, il s'investit dans les nouveaux secteurs d'application qui intéressent plus particulièrement G-SCOP, à savoir le semi-conducteur (thèses CIFRE en gestation avec ST micro electronics), la santé (conception pour les handicapés et pour la chirurgie) et l'énergie (SyNerGico).

B.6 DC Conception Collaborative (CC)

Membres du domaine de compétence en octobre 2009

PR. : Jean-François Boujut (60) ; PR Frédéric Noël (60)

MCF : Eric Blanco MCF-HDR (60); Marie-Anne Le Dain MCF (60); Philippe Marin

MCF (60); Cédric Masclat MCF (60); Franck Pourroy MCF (60); Guy Prudhomme MCF (60)

Henri Tiger Ingénieur de recherche chargé de mission auprès de l'administrateur général de l'Institut Polytechnique de Grenoble.

En plus des doctorants déjà cités dans le bilan au 30 Juin 2009 (Hanh Vu-Thi, Arikoglu Serap, Vinand Pierre Emmanuel, Bertrand Nicquevert, Arikoglu Serap, Cassier Jean-Laurent, Sandra Coulon-Cheriti) nous recrutons 2 nouveaux doctorants à la rentrée 2009 :

Sofia Rachedi : thèse CIFRE avec la société BASSETI sous la direction de J-F. Boujut

Marie Frasin : thèse CIFRE avec la société Alstom sous la direction de E. Blanco en collaboration avec le laboratoire PACTE

Problématique générale et évolutions majeures

L'organisation du développement de produit dans l'entreprise étendue nécessite la compréhension et la modélisation des interactions entre les experts-métiers participant à la conception de produits manufacturiers et, ou les services associés. Cette compréhension et cette modélisation doivent conduire à la proposition d'outils et méthodes pour faciliter les interactions collaboratives.

Le domaine de compétence s'intéresse donc à une « ingénierie des interfaces complexes », caractéristique des interactions entre les différents acteurs du développement de produit.

Ce domaine de compétence a émergé naturellement lors de la création du laboratoire G-SCOP car de nombreux travaux concouraient à cet objectif. Un effort important a été initié pour clarifier les objectifs du groupe.

Une démarche globale et des axes de recherche ont été mis en évidence. La démarche s'appuie sur un cycle s'appuyant sur deux étapes :

1. l'analyse des pratiques de conception par des pratiques de « recherche intervention », « d'expérimentation » et d'études de cas.
2. La proposition de modèles, de méthodes ou d'outils, supports aux activités analysées.

Les résultats de l'étape 2 doivent être eux même mis en situation dans une nouvelle étape 1 pour converger vers une théorie de la conception collaborative. Chaque travail de thèse ou autre étude ne couvre qu'une partie de l'étape 1 ou 2 et le travail d'équipe permet la construction d'une vision d'ensemble.

Cette démarche est utilisée dans trois axes majeurs :

1. **collaboration inter-entreprises** : c'est une préoccupation clairement identifiée par les industriels qui souhaitent améliorer leur mode de fonctionnement avec les réseaux de fournisseurs intégrés dans leur projet de développement de nouveaux produits. Des travaux ont été engagés dans le précédent quadriennal sur cet aspect au travers du projet PRAXIS notamment et doivent être poursuivis. Sur cet axe les études visent à

proposer des modèles et outils opérationnels associés pour aider à construire et manager de façon performante les relations de conception collaborative avec des fournisseurs. Dans le cadre du projet PRAXIS, 4 outils d'évaluation de la relation ont été développés en partenariat avec six entreprises partenaires. L'application de ces outils chez les industriels et chez leurs fournisseurs considérés comme stratégiques en conception est en cours de réalisation. Toutefois, ces outils devront être testés avec d'autres partenaires industriels pour valider leur robustesse et leur généricité avant la mise en place d'une théorie bien assise.

2. **collaboration intra-entreprise** : cet axe vise à mieux comprendre et assister les interactions informelles entre experts du développement produit. La gestion de projets est en général formalisée dans des outils de suivis de projets qui décomposent le projet en tâches. La granularité utilisée laisse aux experts un espace de travail collaboratif ou l'organisation est peu formalisée. Les travaux menés jusqu'à maintenant démontrent l'alternance de phases de travaux asynchrones (dans les sphères métier) et de travaux de synchronisation entre les différentes vues métiers. La formalisation des interactions lors des phases de synchronisation retient l'attention de cet axe : par une modélisation des activités de revues de projet, la proposition d'outils supports aux travaux synchrones et la mise en place de techniques d'interopérabilité entre expertises. Cet axe est en pratique l'axe le plus développé au sein du domaine de compétence où plus d'un cycle de la démarche présentée ci-dessus ont dans certains cas déjà été abordés. Des développements comme le projet *CASCADe* visent à aller plus loin dans cette approche.
3. **collaboration dans les communautés de pratiques** : cet axe vise à analyser l'impact de nouvelles structures de travail dans les approches de la collaboration. Les réseaux sociaux créent des connections entre individus en fonction de ce qu'ils sont. Les réseaux de pratiques créent des connections en fonction des pratiques des individus ou des groupes du réseau. De nouvelles approches de production peuvent être analysées au travers de cette vision. Un accompagnement du projet Crowdspirit a été envisagé dans le précédent contrat quadriennal. Le projet Dimocode met en œuvre cette pratique autour de la capitalisation et de la restitution de connaissances. Dans le cadre de la démarche globale du domaine de compétence cet axe expérimente les premières analyses et doit dans le cadre du prochain contrat quadriennal mieux définir ces contours.

L'interdisciplinarité notamment avec les sciences humaines et sociales (gestion, sociologie, ergonomie, sciences cognitives) demeure indispensable dès lors qu'étudier la conception requière une compréhension holistique des pratiques d'ingénierie. Cette interdisciplinarité continuera à être mise en œuvre via des co-directions de thèses.

Projets du prochain plan CQ

Outre les thèses en démarrage, CIFRE Alsthom et CIFRE Bassetti qui concourent respectivement aux axes collaboration intra-entreprise et collaboration dans les communautés de pratiques, nous développons à ce jour les projets prioritaires suivants.

- **Projet « DIMOCODE »** : un projet de thèse est proposé pour continuer la démarche entreprise dans le cadre de collaborations dans les communautés de pratiques. Ce

projet présenté dans le bilan du domaine de compétence doit continuer à évoluer : une application au secteur du bâtiment est envisagée.

- **Projet « PRAXIS »** : dans le cadre du projet PRAXIS, l'évaluation de l'impact de la démarche de conception collaborative PRAXIS sur la performance du processus de développement de produit. Des travaux exploratoires sur 3 ans devraient être conduits en partenariat avec les industriels impliqués dans le projet PRAXIS.
- **Projet « CASCADE »** : le projet CASCADE présenté ci-dessous vise à proposer une approche/un système intégré/e pour surveiller et apporter de l'information au niveau de granularité adapté au contexte de collaboration. Des travaux de thèses devront être conduits dans ce cadre.
- **Projet « Interactions 2D/3D »** : les projets antérieurs visent à la compréhension de la conception collaborative au travers de la compréhension des activités sous-jacentes mais aussi des modèles supports à ces activités. Nous souhaitons développer un axe complémentaire ayant pour ambition de maîtriser l'impact de périphériques d'interface homme-machines pour des activités collaboratives en relation avec des modèles 2D/3D.
- **Projet SIM-SYPROD** : une thèse sera proposée dans ce domaine pour établir un lien entre les techniques de génie logiciel ou technologies middle ware afin de faire co-évoluer ces technologies et des usages dans le cadre de développements intra-entreprise.

Nous allons maintenant présenter de façon plus détaillée 2 projets, emblématiques des recherches que nous souhaitons développer, respectivement le « projet CASCADE » et le « projet SIM-SYPROD ».

Un projet à développer CASCADE

L'objectif de ce projet est de créer un système et une approche intégrés pour fournir une information contextualisée et au niveau de granularité adapté aux connaissances en ingénierie des experts dans des activités collaboratives spécifiques.

Plusieurs barrières scientifiques doivent être franchies en particulier pour la mise à disposition de supports d'information intelligents dans le cadre de problèmes hautement collaboratifs, fortement liés à la connaissance et étant très évolutifs. Le projet a pour ambition de :

- créer une méthodologie pour surveiller, tracer, enregistrer des sessions collaboratives même distantes et répondre à des changements de contextes durant des activités collaboratives fondées sur les connaissances expertes,
- mettre à disposition dans une plateforme intégrée l'état de l'art en terme de technologies et d'outils qui seront nécessairement étendus et incorporés dans l'environnement intégré.

Ce projet est le fruit d'une collaboration entre l'université de Lulea, l'université de Bath et notre domaine de compétence. La plateforme sera bâtie sur des architectures orientées services (SOA) mises en avant par l'université de Lulea et étendue aux salles de conceptions équipées à Bath et Grenoble.

Un projet à développer SIM-SYPROD

SIM-SYPROD est à la base une action du cluster GOSPI qui avait pour objectif de coordonner les efforts au sein de ce cluster régional sur les thèmes des systèmes d'informations. Une journée de synthèse a été organisée par le domaine de compétence à G-SCOP le 12 mai 2009 regroupant 35 personnes. L'action a permis de tisser les liens

nécessaires au niveau Rhône-Alpes et à démontrer l'existence de points fédérateurs autour de notions génériques : modélisation, service, processus. Cette action a fonctionné en incubateur à projet permettant de définir une vision commune d'objectifs scientifiques qui sont déclinés dans des projets de recherches variés.

Le développement d'une plateforme technologique commune pourrait servir de support pragmatique à des projets à court terme et consolider une vision pour les systèmes d'information. Cet objectif rejoint des objectifs étayés au niveau national dans le cadre du GDR-MACS pour le développement d'une plateforme de travail collaboratif.

– *Positionnement par rapport aux thèmes transversaux du labo*

Le domaine de compétence est directement impliqué au niveau du laboratoire G-SCOP dans l'étude des méthodes, outils et organisations support à l'entreprise étendue. L'axe « **collaboration inter-entreprises** » illustre parfaitement cette implication. De même les études sur la « **collaboration intra-entreprises** » visent à améliorer les organisations et les pratiques en interne d'entreprises de plus en plus éclatées géographiquement. L'axe « **collaboration dans les communautés de pratiques** » vise quant à lui à explorer de nouveaux modes d'organisation qui pourraient se substituer aux organisations industrielles classiques.

Ces axes sont à l'origine développés dans le cadre de la conception de produits manufacturiers. Cependant de nouveaux champs applicatifs s'ouvrent et questionnent le domaine de compétence. Le secteur du bâtiment est de plus en plus souvent discuté sur des concepts voisins. Enfin les méthodes et outils de collaboration sont une réponse partielle aux problématiques de développement « durable » d'entreprises évoluant dans des environnements incertains. Enfin, les gains de temps attendus dans la mise en œuvre des méthodes et outils de la collaboration constituent un facteur clé de l'innovation.

3^{ème} partie : Mise en œuvre

Nous avons décrit dans les parties précédentes les grands objectifs du laboratoire et les approches scientifiques que nous devons mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs. Bien entendu, atteindre ces objectifs nécessite des moyens. Nous présentons ici les moyens qui nous paraissent essentiels à la réussite du projet. Ces moyens peuvent être de nature organisationnelle et dépendre d'actions internes au laboratoire (animation et gestion de l'unité, mise en œuvre des partenariats, valorisation). Ils sont aussi liés aux ressources fournies par l'environnement de nos tutelles en termes humains et financiers. Nous les présentons selon le plan suivant :

- animation et gestion de l'unité,
- la mise en œuvre des partenariats,
- ressources humaines et matérielles,
- la valorisation.

A. Animation et gestion de l'unité.

Nous voudrions souligner 2 points.

Le développement d'un projet pluridisciplinaire nécessite des actions spécifiques. Tout d'abord, nous continuerons à développer les points de rencontre réguliers de l'ensemble des membres du laboratoire dans le cadre des séminaires internes, des journées annuelles G-SCOP, et d'autres initiatives ponctuelles comme les journées systèmes de production, ouvertes vers l'extérieur. Ces points de rencontre sont essentiels pour améliorer la connaissance réciproque des travaux de chacun. De plus, l'appel à projets internes, qui a notamment pour objectif d'inciter les collègues à présenter des projets pluridisciplinaires, sera poursuivi.

Par ailleurs, nous souhaitons confirmer le mode de gestion financière du laboratoire. Il a été présenté dans la partie bilan. Il se caractérise par une forte solidarité interne. En effet, par une partie significative des dotations des tutelles et par des prélèvements sur toutes les recettes, le laboratoire offre une base de fonctionnement incluant une dotation pour chaque nouvel arrivant, une dotation annuelle par permanent, une aide aux soutenances de thèse, une aide à l'organisation de séminaires scientifiques, le financement de l'appel à projets,... Ceci permet de soutenir les recherches des nouveaux arrivants d'une part et les recherches plus théoriques d'autre part.

B. La mise en œuvre des partenariats.

Nous avons décrit nos partenariats dans le bilan et dans les approches méthodologiques que nous souhaitons mettre en œuvre au service de notre projet. Dans cette section, nous décrivons comment nous favorisons ces partenariats. Sur ce point, le laboratoire a eu des actions de plusieurs natures. Tout d'abord, un responsable des relations industrielles a été nommé (Michel Tollenaere). Il est en charge du suivi et du développement des relations industrielles du laboratoire. C'est particulièrement important, car le partenariat industriel est en forte évolution. Concernant la recherche en systèmes de production, les partenariats les plus classiques ont été menés avec l'industrie de l'automobile ou plus généralement de grands donneurs d'ordre. Le partenariat industriel pour la recherche en conception s'appuie

historiquement sur les entreprises fournissant des logiciels pour la conception (Dassault Systèmes, MDTV, ...) pour améliorer les performances des outils et développer de nouveaux outils, ainsi que sur les grandes entreprises (Renault, Airbus, Renault Trucks, EADS, ST...) pour numériser les processus industriels. Mais, à côté de ces partenariats historiques, se développe un partenariat d'entreprises de toutes tailles et de tous secteurs. Nous avons déjà présenté les enjeux du déplacement de ces partenariats vers, notamment, le secteur de la microélectronique qui mobilise des chercheurs des disciplines optimisation, gestion des flux, conception,... mais aussi le très fort développement des partenariats avec le secteur des services : énergie, santé, télécommunications,... Dans le but de développer nos relations industrielles, une journée en collaboration avec l'école Génie industriel, pour notamment présenter nos travaux aux industriels, a été organisée en 2008. Nous souhaitons renouveler ce type d'événements.

Par ailleurs le laboratoire encourage le développement de séminaires ouverts sur l'extérieur en apportant une aide financière aux intervenants extérieurs. Enfin le laboratoire, grâce au dynamisme de ses membres, est très présent dans les réseaux nationaux (GdR MACS, GdR RO et ROADEF, réseau AIP-Primeca) et internationaux en s'insérant par exemple dans des programmes de nos universités (Vietnam par exemple) ou programmes français (Thaïlande). Il pilote des réseaux importants ayant un rôle majeur dans les stratégies régionales (cluster GOSPI) ou européens (réseau ADONET, réseau VRL-KciP puis association EMIRAcle). Il est également très présent dans la plate-forme européenne Manufuture et sa déclinaison française Mécafature. Ceci nous permet d'une part de créer de nombreux partenariats avec les membres de ces réseaux et d'anticiper et parfois d'orienter la stratégie de recherche sur les systèmes de production.

C. Ressources humaines et matérielles et locaux.

Concernant les ressources humaines, nous séparerons les besoins en enseignants-chercheurs ou chercheurs d'une part, en personnel administratif et technique d'autre part.

Le laboratoire comprend, au 1^{er} octobre 2009, 56 chercheurs ou enseignants-chercheurs dont le dynamisme montré dans le bilan, le spectre pluridisciplinaire et l'adhésion au projet sont autant d'atouts pour mener à bien ce projet. Bien sûr nous avons néanmoins des besoins pour conforter certains thèmes. Signalons tout d'abord que la pyramide des âges du laboratoire est telle qu'a priori seulement deux professeurs devraient prendre leur retraite au cours du prochain contrat quadriennal, ce qui est une difficulté dans la période actuelle d'absence de création de postes. En effet, si l'augmentation des effectifs n'est pas un objectif en soi, il est important de pouvoir entretenir une certaine dynamique pour d'une part insuffler du sang neuf au laboratoire et d'autre part permettre à une partie des HDR d'avoir des promotions (même s'il n'est pas souhaitable que tous soient promus en interne).

De plus, le projet présenté nécessite de renforcer le laboratoire sur des thèmes clés. Chaque année, le conseil scientifique met en avant un certain nombre de priorités pour les années à venir. Ces priorités sont liées à :

- l'émergence de thèmes importants sur lequel le laboratoire s'est positionné mais doit se renforcer pour affirmer un rôle de leader (éco-conception ; gestion des flux d'énergie),
- certaines faiblesses sur des points pourtant essentiels (modélisation stochastique ; système d'information en production ; supervision ; fabrication),
- renforcement des thèmes sur lesquels nous pouvons avoir un fort pouvoir d'attraction (mathématiques discrètes et recherche opérationnelle notamment).

Concernant le personnel IATOS ou ITA, l'équipe s'est développée depuis 2007 et nous avons maintenant une équipe de 15 personnels (pour 12,5 ETP dont 1,8 est payé par le laboratoire). Leur engagement au service du projet permet un fonctionnement très satisfaisant en termes administratif et financier et ressources informatiques communes. Mais nous avons un manque criant de personnels techniques dédiés à la recherche, que ce soit pour du développement informatique classique ou pour l'assistance aux expérimentations, ou même l'assistance à l'utilisation des moyens lourds comme la salle de visio-conférence. En effet le laboratoire dispose de 4,5 ETP en informatique (4 IE et 1 TEC à mi-temps). Bien sûr une part importante de ces ETP est consacrée à la gestion des moyens communs (serveurs, messagerie, système d'information) et on peut considérer que le laboratoire dispose de seulement 2 ETP pour l'assistance à la recherche alors que nous sommes, à cette rentrée 2009, 56 chercheurs et enseignants-chercheurs.

La mise en œuvre du projet nécessite aussi un ensemble de ressources matérielles et logicielles. Une partie significative des travaux du laboratoire demandent des moyens de simulation relativement légers et classiques (logiciels de simulation de flux ou bien d'optimisation par exemple) dont nous disposons. D'autres travaux nécessitent des moyens expérimentaux plus lourds. A cet effet, le laboratoire s'insère dans le cadre de la plate-forme technologique grenobloise qui se construit en permanence. Cette plate-forme associe les moyens expérimentaux pour la recherche en conception (plate-forme MEXICO construite pour l'acquisition et le traitement des expériences de conception, le test et l'usage des outils développés, le co-développement à distance de projets de recherche, bras haptique) et les moyens de l'AIP-PRIMECA régional pour le développement et le prototypage de nouveaux produits. Le développement d'une telle plate-forme nécessite des moyens financiers qu'il est difficile de pérenniser pour un laboratoire comme le nôtre. Signalons également le fort investissement du laboratoire dans une salle permettant des visio-conférences dans le cadre du projet VRL KCiP. Comme indiqué ci-dessus, le laboratoire a absolument besoin de ressources humaines pour entretenir, faire fonctionner, et développer ces moyens expérimentaux.

Enfin, en ce qui concerne les locaux, des efforts significatifs de Grenoble INP nous ont permis d'être tous sur un lieu unique, ce qui est plus particulièrement important pour un laboratoire pluridisciplinaire comme le nôtre. Des travaux significatifs ont été financés grâce aux efforts du laboratoire et Grenoble INP. Néanmoins il apparaît clairement aujourd'hui que les locaux qui nous sont affectés sont déjà insuffisants et ne permettront pas le développement du laboratoire.

D. Valorisation.

Au-delà du travail de recherche nous souhaitons poursuivre et développer nos efforts pour faire connaître et plus généralement valoriser nos travaux.

Le laboratoire est bien sûr fortement actif pour valoriser des avancées scientifiques dans le cadre de publications scientifiques internationales comme en témoigne le bilan. Au-delà de ce média classique, nous encourageons la publication sur des supports différents : la collection des cahiers Leibniz (initiée comme son nom l'indique par l'ex-laboratoire Leibniz), les revues techniques (CETEDEC, CETIM-Info, Usine Nouvelle) ou bien vers des médias grand public (création d'un film pastille de science sur « mieux produire pour mieux recycler », les revues de vulgarisation). Enfin il participe à l'organisation de la manifestation Math.en.Jeans 2010 qui aura lieu à Grenoble au printemps 2010.

Le laboratoire valorisera ses travaux dans le cadre de ses relations industrielles riches (voir bilan). Nous nous appuyons bien sûr fortement sur les structures de valorisation de nos universités INP SA et Floralis. Les brevets sont encouragés (5 sur la période de référence) même si notre champ de recherches ne s'y prête pas naturellement (beaucoup de développements logiciels).

Nous pensons qu'un moyen important pour faire connaître nos travaux est d'organiser des conférences. La période 2007-2009 a été en ce sens riche d'organisation de conférences importantes, que ce soit au niveau national ou international (voir bilan) et le laboratoire a mis une partie de son personnel administratif en soutien de ces actions. Nous entendons poursuivre ces efforts.

Nous portons une attention particulière au placement de nos doctorants et sommes heureux que les efforts faits (choix des sujets, développement des relations industrielles,...) portent leurs fruits (le bilan montre que tous les doctorants ayant soutenu du 1^{er} Janvier 2005 au 30 Juin 2009 ont un emploi). Ces efforts seront poursuivis.