



Rapport d'activité du LIPSI

Laboratoire en ingénierie
des processus et des services industriels

2002-2005

Responsable : Pascal Weil

Responsable déléguée : Nadine Rouillon-Couture

p.weil@estia.fr, n.couture@estia.fr

<http://www.lipsi.estia.fr>

ESTIA

Ecole Supérieure des Technologies Industrielles Avancées

Directeur : Jean-Roch Guiresse — j.guiresse@estia.fr

Chambre de Commerce de Bayonne Pays Basque – BP 215 - 64102 Bayonne Cedex
Téléphone : 05 59 43 84 00 – Télécopie : 05 59 43 84 01

Politique scientifique	5
Les axes de recherche	7
Ingénierie des processus et des organisations en conception de produit	9
Méthodes et outils pour la conception de produit	21
Conception et commande de systèmes mécatroniques	41
Liste des membres	53
Les thèses au LIPSI	57
Thèses en cours	57
Thèses soutenues	59
Anciens membres	61
Publications	63
Animation scientifique	79
Contrats de recherche et de valorisation	85

Politique scientifique

L'existence d'une activité de recherche à l'ESTIA, que nous tentons de rendre aussi dynamique et ambitieuse que possible, répond à plusieurs exigences, indissolublement liées :

- c'est un élément judicieusement jugé nécessaire par la Commission des Titres d'Ingénieurs pour l'accréditation d'une école d'ingénieurs ;
- la recherche fait partie intégrante du projet fondateur de l'école, dont les porteurs ont d'abord souhaité dynamiser l'activité économique dans les secteurs innovants et haute technologie sur la technopole Izarbel et dans la région, y attirer de nouvelles entreprises, etc ;
- elle est indispensable pour attirer puis fixer des enseignants-chercheurs compétents, en leur donnant les meilleurs moyens pour développer leurs activités et avancer leurs carrières.

Rappelons ici que le LIPSI ne reçoit aucune subvention du Ministère de l'Education Nationale ou de la Recherche, et que l'ESTIA ne dispose à l'heure actuelle d'aucun poste d'enseignant-chercheur du Ministère. C'est-à-dire que l'intégralité du coût de la recherche décrite dans ce rapport, y compris le salaire et les charges des acteurs de cette recherche, est supporté par l'ESTIA.

Le principal instrument de l'ESTIA dans sa politique de recherche est le LIPSI. Sa création et son développement ont nécessité des efforts et des investissements considérables, dans un contexte atypique : le campus de l'ESTIA est géographiquement éloigné des grands campus scientifiques de la région, et les nécessités de l'enseignement du cursus ingénieur font qu'on y trouve des spécialistes de mécanique, productique, automatique, robotique, informatique, électronique, . . .¹. Comme la lecture de ce document le montrera, cette situation a favorisé l'émergence de projets authentiquement pluridisciplinaires. Elle nous a aussi conduit à travailler en étroite collaboration avec les meilleurs laboratoires, d'habitude monodisciplinaires, des domaines concernés. Une part importante de ce travail en collaboration prend la forme du co-encadrement de doctorants, pour lesquels nous essayons de trouver des financements, et qui sont en quelque sorte des co-productions du LIPSI et de laboratoires extérieurs.

L'alliance en cours de concrétisation avec l'Université Bordeaux-1 et avec l'Université de Pau et Pays de l'Adour vient formaliser des liens historiques, et nous travaillons depuis longtemps et prioritairement avec les Ecoles Doctorales et les laboratoires de ces Universités, tout particulièrement avec le TREFLE, le LAPS, le LaBRI et l'IXL à l'Université Bordeaux-1, et le LIUPPA à l'Université de Pau et Pays de l'Adour. Ces laboratoires ne couvrent cependant pas tous les champs qui nous intéressent, et selon

¹Qualifiés dans quatre sections du CNU, les sections 27, 60, 61 et 63.

nos besoins, nous travaillons aussi avec des laboratoires d'autres Universités : à l'heure actuelle TIMC et GILCO à Grenoble, l'IRCCyN à Nantes, le GREAH au Havre. Nous ne négligeons pas non plus la construction de liens dans le domaine de la recherche avec les Universités britanniques et espagnoles partenaires pédagogiques de l'ESTIA, et avec les Universités et centres de recherche des régions frontalières d'Euskadi et de Navarre.

La taille du LIPSI a considérablement augmenté au cours des quatre dernières années, de même que la quantité et la qualité de ses productions (publications, doctorats soutenus, projets financés, etc), on se reportera pour plus de détails aux annexes de ce rapport. Nous espérons que cette croissance continuera, portée par l'accroissement du flux étudiant sur le campus ESTIA et par l'adossement de l'École au Ministère de l'Éducation Nationale et aux Universités de Bordeaux-1 et de Pau et Pays de l'Adour.

Nous nous efforçons donc de faire vivre un projet scientifique ambitieux, ancré sur le campus de l'ESTIA et en réseau avec les grands laboratoires de la région. Les thèmes abordés appartiennent aux Sciences de l'Ingénieur. Centrés autour de l'ingénierie de la conception, souvent pluridisciplinaires, ils sont décrits en détail dans le reste de ce rapport.

Les axes de recherche

Le projet scientifique du LIPSI est centré sur l'ingénierie de la conception. Trois grandes thématiques y sont abordées :

- l'ingénierie des processus et des organisations en conception de produits : conduite de projet et des organisations, méthodes de collaboration entre les acteurs, systèmes d'information ;
- la conception de produit, tant du point de vue des méthodes (conception inversée, capitalisation et gestion des connaissances) que des outils (méthodes numériques sans maillage, interacteurs, visualisation) ;
- la conception et la commande de systèmes mécatroniques : contrôle de robots mobiles, conception de capteurs intelligents, systèmes de production d'énergies renouvelables.

Ces thématiques, qui s'attachent à des aspects différents de l'activité de conception dans l'entreprise industrielle ou de services, constituent nos objectifs scientifiques, et les projets développés par les membres du LIPSI se rattachent à une ou plusieurs de ces grandes directions. De ce fait, les chercheurs du laboratoire ont acquis des compétences transverses qui contribuent à l'originalité du LIPSI.

De plus, la nature des projets développés jusqu'à présent a également permis de faire émerger des compétences communes. Ainsi, le souci d'*aller jusqu'au bout* dans les projets développés au LIPSI, de la définition de modèles à la réalisation d'outils informatiques intégrés (plate-formes, environnements logiciels, simulateurs, etc.) a souvent conduit les chercheurs du laboratoire à réfléchir ensemble et à échanger des savoir-faire. Ces échanges ont été très importants dans les choix méthodologiques que tous ont dû affronter tant sur le plan de l'ingénierie logicielle que sur celui de la modélisation d'un processus ou d'une procédé complet (processus de conception, aérogénérateurs, calculateur embarqué d'un robot mobile, etc).

De la même façon, on retrouve dans plusieurs des grandes thématiques abordées au LIPSI la question de la prise en compte ou de la capitalisation de connaissances, de règles-métier, ce qui nécessite le recours à des concepts et des techniques empruntés à des disciplines connexes (cognitive, sciences sociales, intelligence artificielle). Là encore, la confrontation de spécialistes de disciplines différentes avec les mêmes problématiques a entraîné des échanges riches et l'élaboration d'un savoir partagé.

Les pages qui suivent décrivent plus en détail l'ensemble de nos opérations de recherche sur la période 2002-2005.

1 Ingénierie des processus et des organisations en conception de produits

1.1 Contexte et problématique générale

La performance d'une entreprise dépend de plusieurs facteurs, tant internes (organisationnels, sociotechniques, économiques, culturels) qu'externes (le marché, la concurrence, le réseau de partenaires). Il est reconnu que l'étape de conception constitue un gisement important d'amélioration de la performance de l'entreprise : non seulement à court terme par une rationalisation des processus de conception visant à une réduction des coûts et des délais de développement et des prix de revient ; mais aussi de façon plus stratégique par le développement d'innovations qui nécessite d'intégrer de nouvelles dimensions dans le management des hommes et des projets.

L'amélioration des processus de conception peut être étudiée de différents points de vue qui sont fortement liés :

- l'étude sociotechnique des organisations et des acteurs dans le cadre des approches d'ingénierie concourante ou intégrée [Bocquet 98, Bucarelli 88, Gero 98, Jo et al. 93, Kusiak & Wang 91, Prasad 96, Tichkiewitch et al. 93, Legardeur et al. 01],
- la modélisation des processus développés dans le cadre de ces approches [Blessing 96, Clarkson et al. 01, Eynard 99],
- l'étude des environnements à mettre en œuvre pour faciliter les activités des acteurs de la conception [Caratt et al. 01, David et al. 01, Darses 97, Ferber 97, Gero et al. 02, Jennings et al. 98].

L'axe *ingénierie des processus et des organisations en conception de produits* s'intéresse à la conception de produits en combinant ces points de vue. Notre travail est focalisé sur les processus et les moyens permettant d'obtenir un produit et en particulier sur les actions des acteurs de la conception et la modélisation de leurs connaissances en vue de concevoir des environnements d'assistance qui les accompagnent dans la réalisation de leurs activités. Le développement de ces outils impose également de se confronter à des problématiques de visualisation et d'interaction [Farenc 98, Gawlinski 03] concernant des informations parfois hétérogènes, ce qui constitue un point de contact et de complémentarité avec d'autres travaux menés au LIPSI. Ce travail est naturellement aussi complémentaire des travaux en conception interactive, qui se focalisent davantage sur le produit à concevoir.

1.1.1 Méthodologie

Notre démarche est basée sur l'observation participante et sur la recherche-action en terrain industriel [Boujut 02]. Elle se décompose en 5 étapes.

- Observation des pratiques et des activités dans des situations effectives de conception en industrie, afin d'analyser les processus et de

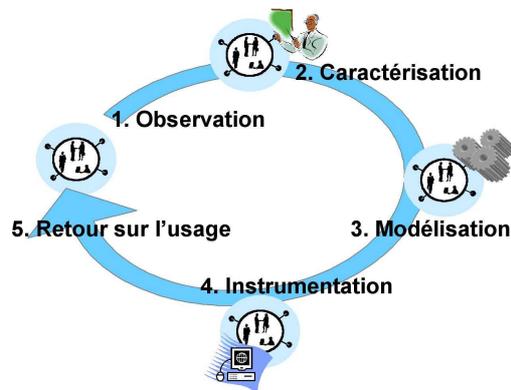


FIG. 1 – Les cinq étapes de notre méthodologie

décrypter les mécanismes sociotechniques entre acteurs dans la dynamique complexe des projets de conception.

- Caractérisation fine des processus de conception à partir des observations et en tenant compte des contextes dans lesquels ils se déploient. Il s’agit de mieux comprendre la nature de l’action collective en conception et d’identifier les premiers paramètres et facteurs descriptifs des processus observés.
- Formalisation des processus collaboratifs à l’aide de modèles qui décrivent les phénomènes observés, mais qui tiennent compte du caractère peu prédictible et donc peu stabilisé de l’activité des acteurs dans les organisations.
- Instrumentation des processus collaboratifs en conception, sur la base des résultats issus des deux premières étapes de notre méthodologie. Cette étape vise à proposer de nouveaux dispositifs (outils, modèles, méthodes) afin d’améliorer les pratiques observées.
- Test et retour sur l’usage des outils, modèles, méthodes et des “pratiques améliorées”. Cette mise en usage de nos propositions s’articule également autour d’une recherche de dispositifs d’accompagnement au changement de façon à les pérenniser.

L’accent est donc mis sur l’étude sociotechnique des processus de conception [Moisdon & Weil 92] et sur la prise en compte des multiples facteurs venant influencer les acteurs dans leurs activités. Deux facteurs émergent toutefois :

- l’homme, considéré à la fois comme une ressource participant au processus mais aussi et surtout comme un acteur autonome, apprenant, décideur, créateur, à l’origine de la génération de connaissances tout au long du processus [Eveare 98, Giordan 98, March et coll. 91, Visser 90],
- l’environnement informatique qui doit dépasser son rôle traditionnel

d'outil pour devenir une réelle assistance à la conception [Ferber 97].

Les deux sous-thèmes (présentés dans les paragraphes suivants) que constituent l'étude des organisations de conception du point de vue de l'acteur [Callon 98] et les environnements d'assistance en vue d'améliorer les processus de conception traduisent notre volonté de positionnement pluridisciplinaire au croisement de plusieurs domaines de recherche : génie industriel, productique, conception, gestion, sociologie, informatique. Au niveau du LIPSI, cette volonté se traduit par des partenariats et travaux communs avec des entreprises (PME et grands groupes) et des laboratoires de recherche spécialisés dans les différents domaines précités.

1.1.2 Organisation de la conception et facteur humain

La focalisation sur le facteur humain [Daniellou 99, Jackson 99] dans l'étude des processus de conception de produits nous conduit à considérer différents aspects complémentaires :

- l'organisation des acteurs et en particulier le rôle des responsables de projet [Dameron Fonquernie 00, Girard et al. 02, Mintzberg 90, O'Donnell & Duffy 01, Perrin 99],
- les activités collaboratives des acteurs, mécanisme essentiel d'amélioration du processus et générateur d'idées nouvelles [réf JL, Brissaud 98, Garro et al. 01, Poveda 01],
- la modélisation et la capitalisation des connaissances en conception en vue d'améliorer les processus de conception [Bes 99, Dietrich 00, Ermine 01, Wielinga et al. 93, Zacklad & Grundstein 01].

Les interactions entre les individus sont ici étudiées pour comprendre les situations d'émergence des solutions de conception et leur impact sur la gestion des projets, notamment dans les phases amont. Notre objectif est ensuite d'identifier des dispositifs qui s'appuient sur la définition de leviers d'action portant sur les actions collectives afin d'atteindre des objectifs de conception spécifiques [Hatchuel 94] et d'en contrôler la mise en œuvre via des indicateurs adaptés.

Dans les organisations étudiées, la capitalisation des connaissances constitue un enjeu essentiel dans la mesure où l'amélioration des processus de conception fait appel à des connaissances de nature hétérogène et réparties sur une grande variété d'acteurs, et implique une gestion de l'information par l'intermédiaire de systèmes d'information complexes.

En partant des besoins et des attentes des futurs utilisateurs, nous concevons des modèles de connaissances qui visent à rendre opérationnels les modèles décrivant un système ou un processus de conception collaborative. Pour cela, nous nous appuyons aussi bien sur l'ingénierie des connaissances pour définir ou exploiter des modélisations que sur les modèles propres à chaque domaine que nous étudions.

1.1.3 Environnements d'assistance

Etroitement liée au thème précédent, la conception d'environnements d'assistance adaptés s'avère indispensable pour favoriser la collaboration des acteurs de la conception. En effet, la gestion des informations techniques et la capitalisation de connaissances relatives au produit, au processus et à l'organisation constituent des axes centraux pour l'accompagnement des entreprises. Les systèmes d'information conçus pour répondre à ces problématiques s'appuient sur des technologies en constante évolution et font appel aux concepts les plus récents de l'architecture des systèmes distribués et du génie logiciel.

Nous cherchons à proposer de nouveaux outils qui tiennent compte de la spécificité et de la complexité sociotechnique des situations rencontrées. Les environnements d'assistance envisagés sont des systèmes informatiques ouverts présentant les caractéristiques suivantes : ce sont des systèmes d'information, avec une vocation collaborative, et conçus en fonction des logiques et des stratégies d'acteurs identifiées sur leur terrain d'application.

Les environnements que nous avons réalisés à partir des modèles et des connaissances décrits précédemment prêtent une attention particulière à

- l'identification des actions susceptibles de réaliser des prétraitements sur les informations utiles aux acteurs,
- la caractérisation des traitements automatisables,
- la prise en compte des pratiques, des profils et des habitudes (schèmes sociaux) de chaque acteur pour améliorer les collaborations et les interactions homme-machine [Coutaz 95, Rabardel 95],
- l'établissement de relations personnalisées entre le système informatique et l'acteur.

1.2 Résultats

Depuis le démarrage de ces travaux au LIPSI en 2000 et au fur et à mesure de quelques recrutements, nous avons progressé sur plusieurs des questions soulevées ci-dessus.

1.2.1 Systèmes d'aide à la conduite de la conception

La modélisation des connaissances pour l'amélioration des processus de conception a été initiée dans le cadre de la thèse réalisée par Ch. Merlo (LAPS et LIPSI, 2003). Ces travaux ont permis de proposer aux acteurs de la conception une démarche opérationnelle destinée à mieux appréhender et à mieux maîtriser la performance du système de conception en s'appuyant sur une structuration du système de conception par la décision, dans le cadre de la méthodologie GRAI Ingénierie. Après avoir identifié les flux d'information entre les acteurs des différents centres (décision et conception),

nous avons élaboré des modèles de connaissances qui s'appuient sur une double classification :

- de nature, pour laquelle nous distinguons les connaissances de conduite liées à la structuration d'un processus et à sa planification, les connaissances liées au suivi des activités prévues et à la détection de dérives éventuelles, et les connaissances produites par les concepteurs relativement au produit et à leurs activités, qui sont à l'origine des informations de suivi [Link-Pezet 89],
- de complexité, pour laquelle nous proposons différents niveaux de connaissances différenciant les connaissances destinées à être exploitées tout au long du processus, les connaissances décrivant les transformations subies par les premières, et les connaissances de type méthodologiques qui expliquent dans quel contexte une transformation a lieu [Pun 99, Wielinga et al. 93].

Ces modèles permettent d'assurer une capitalisation *au fil de l'eau* [Matta et al. 99] des connaissances en vue d'une exploitation immédiate dans le cadre de la conduite par les acteurs des centres de décision, mais aussi une capitalisation à long terme destinée à dégager des règles de conduite génériques adaptées à des contextes de conception donnés.

Ces travaux se sont appuyés sur l'étude de plusieurs cas industriels, où les modèles décrivant le système de conception, ses mécanismes et les modèles de connaissances proposés ont été confrontés à différents processus de conception industriels. Nous avons en particulier mené une expertise au sein de l'entreprise MMP, important sous-traitant aéronautique concevant et réalisant des injecteurs et des ensembles hydrauliques pour la plupart des donneurs d'ordre de ce secteur d'activité.

Principales publications liées à ces travaux : [A6, B3, C58, C59, C60]

Ces travaux ont permis dans un premier temps de concevoir une maquette du système d'information support à la mise en œuvre de la méthodologie GRAI Ingénierie. Cette maquette s'appuie sur le concept des systèmes multi-agents pour une assistance directe aux acteurs.

Ils ont également permis de développer le projet RNTL IPPOP (Intégration Produit-Processus-Organisation pour l'amélioration de la Performance en ingénierie, 2001-05), dont l'un des objectifs était de définir une architecture logicielle à vocation collaborative, susceptible de supporter l'approche GRAI Ingénierie de conduite de la conception. Des maquettes opérationnelles ont été établies, puis validées à l'aide de scénarios établis avec des partenaires industriels (OpenCascade, Alstom Moteurs et EADS-CCR) dans le cadre du projet IPPOP. Le prototype réalisé intègre les différents composants logiciels supportant les modèles produits, processus et conduite fournis par les laboratoires membres de IPPOP (LAPS, LMP, LIPSI, LASMIS, CRAN).

La thèse (LIUPPA en cours) de R. Michel, chercheur invité au LIPSI, se rattache à ce projet : elle porte sur la définition d'une méthodologie dédiée au développement d'architectures par composants logiciels, destinées à préparer l'intégration de nouveaux composants.

Principales publications liées à ces travaux : [B1, B8, C42]

1.2.2 Coordination et coopération

L'équipe a commencé fin 2002, grâce au recrutement d'un nouvel enseignant-chercheur (J. Legardeur), à travailler sur de nouveaux développements dont l'objectif est de prendre en compte les différentes facettes (techniques, économiques et sociales) de l'activité de conception, notamment sur les questions transversales des processus de collaboration et de management de projets.

Dans un premier temps, l'accent a été mis sur la problématique de la coopération et de la coordination au sein du processus de conception. En effet, ce sont précisément la mise en place et/ou l'émergence de processus de coopération et de coordination entre les acteurs qui vont leur permettre d'interagir et de construire des points de vue communs. De plus, ces interactions ne s'analysent pas uniquement du point de vue des connaissances et des compétences techniques individuelles, elles engagent aussi des jeux de mobilisation, de conviction, de pouvoir entre acteurs, chacun porteur de logiques d'action et d'intérêts différents.

Nous nous sommes attachés à montrer comment les processus de coordination et de coopération s'inscrivent dans la dynamique sociotechnique des projets de conception [Baumberger 03]. Plus précisément, il s'agissait de caractériser la coordination/coopération lors des processus de conception au moyen d'analyse de situations effectives dans l'industrie, et d'expériences en laboratoire ; de formaliser et modéliser la coordination/coopération afin d'identifier des facteurs qui permettent d'agir sur sa gestion ; et enfin d'instrumenter cette démarche.

Ce travail, qui utilise les apports des sciences pour l'ingénieur et des sciences sociales, est mené en partenariat avec le GRAPHOS. Ce laboratoire de sciences de la gestion travaille autour de notions très pertinentes pour nous (gestion du changement organisationnel lié à l'innovation ou à l'apprentissage, gestion de projet, approches processus, etc) et notre collaboration a contribué à mettre à jour des interactions naturelles entre les processus de développement de produit et les processus de gestion de projet.

Principales publications liées à ces travaux : [B4, C8, C63, C65]

Les bases fondamentales de cette thématique et de la collaboration avec le GRAPHOS ont été posées en 2003, et les travaux communs se développent

depuis lors. Des projets transfrontaliers ont été labellisés (par exemple PI-COOP, en partenariat avec MIK) sur la thématique de la gestion des connaissances, et des travaux de fond ont été engagés, accompagnés de réalisations concrètes comme la mise en place d'une méthodologie d'observation et de caractérisation des pratiques sur le terrain. Ces travaux se sont développés à l'occasion de l'Action Spécifique CNRS TOPIK : ce projet coordonné par le GRAPHOS a permis de constituer un groupe de réflexion transdisciplinaire national sur la thématique de la gestion des connaissances et l'apprentissage des compétences de chef de projet. A l'occasion de ce projet, nous avons renforcé l'équipe du LIPSI en recrutant S. Minel (postdoc). Cette dernière mène un projet sur ce thème avec la SNCF (Infrastructure d'Aquitaine) pour analyser la position des chefs de projet et accompagner les équipes dans le changement destiné à pérenniser ce rôle de chef de projet.

Principales publications liées à ces travaux : [B6, B7]

1.2.3 Intégration des SGDT

Dans le cadre de l'instrumentation des pratiques collaboratives de conception, nous avons étudié les capacités de personnalisation et d'adaptation des outils de type de SGDT (Système de Gestion de Données Techniques) et par extension des outils de Gestion du Cycle de vie du Produit (PLM, Product Lifecycle Management), [Gzara 05, Saaksvuori 04, Weber 02] et sur leur intégration avec l'ensemble des outils mobilisés au long du processus de conception. Ce travail a permis d'explorer les possibilités d'évolution des outils existants mais également d'étudier la proposition de nouveaux outils spécifiques réellement dédiés à la coopération/coordination entre les acteurs en phases amont de conception en s'appuyant sur l'étude de leur besoins, des pratiques existantes, et de leurs interactions. Ces travaux ont permis d'établir les limites précises entre les mécanismes de coordination de projet envisagés et la gestion de projet opérationnelle (thèse de G. Pol, Tech. University of Cranfield et LIPSI, en cours). Dans le cadre de ces travaux, nous avons établi en 2004 un partenariat avec la société Ederena Concept, PME concevant des produits à base de structures en nid d'abeille, afin de répondre à ses besoins de rationalisation de ses flux d'information en conception et industrialisation. Un travail sur le terrain a permis de participer aux travaux menés en interne dans l'entreprise pour atteindre cet objectif, d'étudier de façon très précise l'organisation des activités de conception et d'approfondir le rôle du chef de projet. Un travail plus spécifique de maquettage d'un outil de SGDT a été réalisé pour étudier son apport dans la rationalisation des flux d'information. Cette action se poursuit en 2005 par une analyse plus fine des activités de collaboration en vue de les capitaliser pour le chef de projet et de lui permettre de déterminer les différents niveaux de flexibilité du processus de conception qu'il doit coordonner. Cette étude complémentaire,

soutenue par le pôle régional EITICA, aboutira à la réalisation d'un outil informatique d'analyse des événements collaboratifs.

Principales publications liées à ces travaux : [B5, C25, C27, C28, C44, C45, C57, CF3]

1.2.4 Phases amont des projets de conception

L'objectif de ces travaux est de s'intéresser aux dispositifs (méthodes, outils, organisations) pour favoriser l'innovation dans les phases d'avant-projet de la conception [Forest 97, Legardeur 01, Weill-Fassinà 93]. Ce travail est essentiel car peu de travaux portent sur la rationalisation de ces phases amont qui sont peu maîtrisées et de fait peu structurées. Notre objectif est de comprendre comment naissent et se développent de nouvelles idées de produit dans les compagnies industrielles. Que se passe-t-il entre le moment où une idée est générée et la décision effective de lancer un projet basé sur cette nouvelle proposition ? Comment ces projets se sont-ils progressivement construits ? Ces questions sont d'autant plus complexes que les premières phases de développement de produits innovants sont des périodes qui s'inscrivent dans des processus peu prédictibles et peu formalisés. L'analyse de ces phases fortement méconnues combine différents aspects socio-techniques qui mettent en jeu des questions de créativité et de négociation entre les différents acteurs (experts métiers, responsables techniques et opérationnels, chefs de projet, etc.). L'équipe a travaillé dans un premier temps sur une caractérisation de ces phases amont basée sur la sociologie de l'innovation. Un workshop a été organisé sur le thème des phases amont par l'équipe à l'occasion de la conférence internationale COOP (6th International Conference on the Design of Cooperative system). Dans un deuxième temps, de nouveaux outils informatiques ont été développés pour permettre l'échange multi-acteurs d'information non structurées sur ces phases d'avant-projets. Parmi ces outils, ID₂ (Innovation Développement & Diffusion), initialement développé au 3S (thèse de J. Legardeur, 2001) a été repris et amélioré au LIPSI (thèse de O. Pialot, GILCO et LIPSI, en cours) afin de proposer de nouveaux outils pour la gestion des portefeuilles de projets innovants.

Principales publications liées à ces travaux : [A7, A10, B6, C9, C43, C64]

Les travaux entrepris sur les phases amont des projets de conception ont naturellement trouvé des interactions avec l'axe de recherche du LIPSI consacré aux méthodes et outils pour la conception de produit. Des travaux communs, notamment une combinaison avec la CI (Conception Interactive), ont été réalisés pour proposer une démarche globale de conception qui permet d'instrumenter le processus des phases en amont des projets jusqu'à la phase de conception détaillée.

Principales publications liées à ces travaux : [C10, C46, C47]

1.2.5 Perspectives

La première perspective, la plus naturelle, est de poursuivre l'implémentation informatique de nos modèles et leur confrontation opérationnelle avec des situations industrielles réelles.

Nos perspectives à partir de 2006 s'articulent principalement autour de deux axes complémentaires d'analyse de la coopération / coordination. L'un se focalise sur une modélisation micro des interactions entre acteurs et se concentre sur les processus favorisant l'innovation, en particulier dans les phases d'avant-projet. L'autre répond à une vision macro et se concentre sur les mécanismes de pilotage des activités de conception, y compris dans leur interaction avec les environnements plus ou moins collaboratifs déjà existants (collecticiel, SGDT, etc). Les thèses en cours portent bien entendu sur ces thèmes mais de nouveaux projets sont envisagés.

Ainsi, au vu des résultats probants du projet IPPOP, un nouveau projet a été déposé au RNTL pour déployer une plateforme logicielle basée sur le premier prototype réalisé. Des travaux de recherche complémentaires devraient enrichir cette plateforme en ce qui concerne la capitalisation des connaissances (réutilisation des expériences de projets passés par les responsables de projet), la gestion des compétences au sein des équipes de concepteurs, la prise en compte des mécanismes informels collaboratifs émergents et des réseaux d'acteurs (à capitaliser pour améliorer le suivi des projets dans une démarche complémentaire à la démarche exclusivement *top-down* actuelle), et l'intégration d'outils SGDT dans la plateforme. Ce projet, s'il est accepté, concernera la période 2006-09.

La collaboration avec l'entreprise Ederena Concept devrait se prolonger. La durée de cette collaboration et le resserrement des liens établis constituent un atout pour nos travaux, en nous permettant de valider dans la durée les modèles et les outils que nous élaborons. La prochaine étape, qui accompagnera la nouvelle organisation par projets mise en œuvre au sein de l'entreprise, nous permettra d'affiner notre analyse des événements collaboratifs que le chef de projet peut exploiter pour flexibiliser le processus de conception, et de la capitalisation des connaissances destinées à améliorer la production de devis et le pilotage des événements collaboratifs.

Enfin, les équipes du LIPSI et du GRAPHOS seront fortement mobilisées à partir de la fin 2005 par le Projet Intégré européen SMMART (System for Mobile Maintenance Accessible in Real Time, 6ème PCRD, 25 M. euros). Initié et coordonné par l'entreprise Turboméca (Groupe SAFRAN), ce projet a pour objectif de concevoir et de mettre en place de nouveaux systèmes à base d'électronique embarquée pour le suivi en temps réel de produits complexes (turbomoteur, avions, hélicoptères, poids lourds,...). Il s'agit d'instrumenter les parties sensibles d'un produit afin de proposer de nouveaux outils et méthodes de suivi pour la maintenance prédictive. L'ESTIA est associée dans ce projet à 24 partenaires de 8 pays européens. Nous sommes

impliqués dans l'étude et l'accompagnement de la réorganisation des processus de maintenance au sein des différents futurs utilisateurs (Turboméca, Eurocopter, Airbus, Volvo Trucks, etc), et nous avons la responsabilité d'un lot de travail, dédié à la dissémination et à la formation interne des différents partenaires du projet.

Références bibliographiques

- BAUMBERGER C., PULM U., LINDEMANN U., Coordination and controlling of distributed product development processes, in Proceedings of the 13th International Conference on Engineering Design (ICED 2003), Stockholm, Sweden, 2003.
- BES M-P., Comment gérer la capitalisation des connaissances ?, GI3, Montréal, 1, pp. 471-481, 1999.
- BLESSING L.T.M., Design Process Capture & Support, 2nd Workshop on Product Structuring, Delft, 1996.
- BOCQUET J.C., Ingénierie simultanée, conception intégrée, in M. Tollenaere (éd.) Conception de Produits Mécaniques, Hermès, 1998.
- BOJUT J.F., TIGER H., A socio-technical research method for analyzing and instrumenting the design activity, Journal of Design Research, 2, 2002.
- BRISSAUD D., GARRO O., Conception distribuée, emergence, in M. Tollenaere (ed.) Conception de produits mécaniques, Méthodes, Modèles, Outils, Hermès, 1998.
- BUCCARELLI L.L., An ethnographic perspective on engineering design, Design Studies, 9(3), 1988.
- CALLON M., Actor-network theory, the market test, In Hassard, J. L. et J., (ed.), Actor Network Theory and after, Blackwell Publishers / The Sociological Review, pp.181-195, 1998.
- CARATT B., ALAUX T., EYNARD B., Applications d'un système de gestion de données techniques chez un motoriste avion , 20e Conférence Internationale sur la CFAO, la Simulation et les Nouvelles Technologies de Conception et de Fabrication (MICAD 2001), Paris, 2001.
- CLARKSON P.J., MELO A.F., ECKERT C.M., Visualization techniques to assist design process planning, 13th International Conference on Engineering Design, Glasgow, 2001.
- COUTAZ J., Interaction Homme - Machine : Points d'ancrage entre ergonomie et logiciel , in Le communicationnel pour Concevoir, Caelen J. & Zreik K., Eds Europa Production, pp. 245-254, 1995.
- DAMERON FONQUERNIE S., Processus de coopération dans l'organisation : construction d'une grille de lecture appliquée au cas d'une équipe projet , IXe Conférence Internationale de Management Stratégique (AIMS 2000), Montpellier, 2000.
- DANIELLOU F., Le statut de la pratique et des connaissances dans l'intervention ergonomique de conception, Collection Thèses & Mémoires, ISBN 2-913407-05-6, 1999.
- DARSES F., L'ingénierie concourante : un modèle en meilleure adéquation avec les processus cognitifs de conception, in P. Bossard, C. Chancechevriér & P. Leclair (éds.) Ingénierie concourante : de la technique au social, Economica, Paris, 1997.

- DAVID B., VAISMAN G., SAİKALI K., Evolution du Travail Coopératif Assisté par Ordinateur : vers le TCAO capillaire, Colloque CITE 2001, Troyes, 2001.
- DIETRICH A., Les paradoxes de la notion de compétences en gestion des ressources humaines, Rapport CLAREE, IAE Lille, 2000.
- ERMINE J.L., Les processus de la gestion des connaissances, in H. Briand, F. Guillet (éds) Extraction et gestion des connaissances, Hermès, 2001.
- EYNARD B., Modélisation du produit et des activités de conception - Contribution à la conduite et à la traçabilité du processus d'ingénierie, Thèse de doctorat de l'Université de Bordeaux-1, 1999.
- EVERAERE C., Les collectifs de travail : une réalité difficile à cerner et soumise à contraintes, Performances Humaines & Techniques, 96, pp. 6-19, 1998.
- FARENC C., L'évolution de l'intégration de l'ergonomie dans le développement des applications informatiques, Deuxièmes journées Recherche et Ergonomie, 1998.
- FERBER J., Les systèmes multi-agents - Vers une intelligence collective , InterEditions - IIA (Paris), 1997.
- FOREST J., La qualité du processus de conception comme principe de rationalisation du processus d'innovation, Séminaire de l'IRDQ, Paris, mars 1997.
- GAWLINSKI M., Interactive television production, Focal Press, ISBN 02 4051679 6, 2003.
- GARRO O., CHOULIER D., MICAELLI J.P., L'émergence, processus clé de la conception inventive : application à la conception d'une partie d'un robot, PRIMECA, La Plagne, avril 2001.
- GERO J.S., An approach to the analysis of design protocols, Design studies, 19(1), pp. 21-61, 1998.
- GERO J.S., KANNENGIESSER U., Towards Agent-Based Product Modelling, Proceedings of the 5th IFIP WG5.2 Workshop on Knowledge Intensive CAD - KIC5, Malta, 2002.
- GIORDAN A., Apprendre!, Débats Belin, Eds Belin, 1998.
- GIRARD P., CASTAING A., NOEL F., Produit-process-organisation integration to support design performance, Pacific Conferences on Manufacturing, Bangkok, 2002.
- GZARA YESILBAS L., Flexibility in PLM Deployment Processes : Focus on Workflow and Services, International Conference on Product Lifecycle Management, Lyon, France, 2005.
- HATCHUEL A., Apprentissages collectifs et activités de conception, Revue Française de Gestion, pp. 109-119, 1994.
- JACKSON J.M., Entre situations de gestion et situations de délibération, Collection Thèses & Mémoires, ISBN 2-913407-01-3, 1999.
- JENNINGS N.R., SYCARA. K., WOOLDRIDGE M., A roadmap of Agent Research and Development, Autonomous Agents and Multi-Agents Systems, 1, Kluwer Academic Publishers, Boston, pp. 275-306, 1998.
- JO H., PARSAEI H., SULLIVAN W., Principles of Concurrent Engineering, in Parsaei H.R. and Sullivan W.G. (éds) Concurrent Engineering : contemporary issues and modern design tools, Chapman and Hall, 1993.
- KUSIAK A., WANG J., Concurrent Engineering : Simplification of the design process, CAPE'91 : Integration Aspects, Bordeaux, France, pp. 297-304, 1991.

- LEGARDEUR J., BOUJUT J.F., TIGER H., An interface tool for driving innovation during preparatory phases : Application in the design of composite parts, Proceedings ICED 2001, Glasgow, 2001.
- LINK-PEZET J., Conception et gestion d'un système d'information : dialectique du formel et du réel, Thèse d'Université en Psychologie, Université de Toulouse-2, 1989.
- MARCH J.G., OLSEN J.P., La mémoire incertaine ; apprentissage organisationnel et ambiguïté, Eds d'Organisation, Paris.
- MATTA N., RIBIÈRE M., CORBY O., Définition d'un Modèle de mémoire de projet, Rapport de recherche INRIA 3720, 1999.
- MINTZBERG H., Le management - Voyage au centre des organisations, Ed. d'Organisation, Paris, 1990.
- MOISDON J.C., WEIL B., L'invention d'une voiture : un exercice de relations sociales?, *Gérer et Comprendre*, 28 et 29, pp. 30-41 et 50-58, 1992.
- O'DONNELL F.J., DUFFY A.H.B., Performance Management At Design Activity Level, 13th International Conference on Engineering Design, Glasgow, 2001.
- PERRIN J., Pilotage et évaluation des processus de conception, Editions l'Harmattan, Paris, ISBN 2-7384-7579-5, 1999.
- POVEDA O., Pilotage technique des projets d'ingénierie simultanée - Modélisation des processus, analyse et instrumentation, Thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Grenoble, spécialité Mécanique, Conception, Géomécanique et Matériaux, 2001.
- PRASAD B., Concurrent engineering fundamentals - Vol. 1, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1996.
- PUN L., Comment maîtriser la vie - Méthodologie Yi-King Systémique, Edition You-Feng, Paris, 1999.
- RABARDEL P., Les Hommes & Les technologies, approche cognitive des instruments contemporains, Armand Colin, ISBN 2-200-21569-X, 1995.
- SAAKSVUORI A., IMMOEN A., Product Lifecycle Management, Springer-Verlag, Berlin, 2004.
- TICHKIEWITCH S., De la CFAO à la conception intégrée, *Revue internationale de CFAO et d'infographie*, 9(5), 1994.
- VISSER W., Acquisition de connaissances : l'approche de la psychologie cognitive illustrée par le recueil d'expertise en conception, Actes de JAC'90 Journée Acquisition de Connaissances, Lannion, pp. 33-50, 1990.
- WEBER C., WERNER H., DEUBEL T., A Different View on PDM and its Future Potentials, Proceedings of the 7th International Design Conference DESIGN 2002, Dubrovnik, pp. 101-112, 2002.
- WEILL-FASSINA A., Dynamique des représentations et gestion des actions, Représentations pour l'action, Weill-Fassina A., Rabardel P., Dubois D. (dir.), Octarès, Toulouse 1993.
- WIELINGA B.J., VAN DE VELDE W., SCHREIBER G., AKKERMANS H., Expertise model definition document, Research model KADS II/M2/UvA/026/1.1, ESPRIT Project P5248 KADS II, KADS II Consortium, 1993.
- ZACKLAD M., GRUNDSTEIN M., Ingénierie et capitalisation des connaissances, Hermès, ISBN 2-7462-0234-4, Paris, 2001.

2 Méthodes et outils pour la conception de produits

Les travaux décrits ici concernent différents aspects de la conception de produits, principalement mécaniques, et différents outils utilisés par les concepteurs.

Dans la section 2.1, on cherche à améliorer la performance de la démarche de conception, en y intégrant dès les premières étapes non seulement les contraintes issues du cahier des charges (objectifs de conception, critères de performance), mais aussi celles qui proviennent des lois physiques et des règles métier. Ceci permet de diminuer le nombre d'itérations dans le processus de conception, et donc d'en diminuer le coût. Cette démarche se décline à la fois en une méthodologie et en un outil informatique, qui intègre des contraintes appliquées à des modèles hétérogènes, où les variables prennent des valeurs numériques, des valeurs d'intervalles ou des valeurs discrètes, symboliques ou linguistiques.

Dans la section 2.2, on s'intéresse à l'un des fondements essentiels des outils de CAO, la simulation numérique de phénomènes physiques. Le problème abordé concerne une alternative à la célèbre méthode des éléments finis : dans certains contextes, le maillage sous-jacent à cette méthode devient un obstacle, soit parce que des déformations importantes et rapides imposent de le recalculer fréquemment, soit parce que l'on doit considérer des échelles très différentes dans différentes parties du domaine. Les méthodes dites sans maillage sont alors en principe préférables, mais un travail de fond doit encore être effectué pour les adapter aux contraintes des bureaux d'étude.

Enfin, la section 2.3 est consacrée aux outils permettant aux concepteurs d'interagir avec les modèles sur lesquels ils travaillent. Notre travail a porté d'une part sur le développement de simulateurs, pour lesquels le LIPSI a déjà une longue expérience, et d'autre part sur des outils d'interaction qui dépassent l'affichage sur écran ou l'immersion visuelle dans une scène pour permettre à des concepteurs de mieux envisager les différents aspects des produits sur lesquels ils travaillent.

2.1 Conception Interactive

2.1.1 Présentation générale

Les premières études réalisées en France dans le domaine de la conception inversée intégrée (CII) ont été déployées en 1998 dans le cadre d'une collaboration entre le LIPSI et le LEPT (aujourd'hui le TREFLE). Cette méthodologie de conception originale, qui agit sur les phases préliminaires du processus de conception de produits s'articule autour d'outils nouveaux

dont l'objectif est de soutenir l'activité d'ingénierie de nouveaux produits. Les premiers travaux qui s'y rapportent portaient essentiellement sur une instrumentation numérique intelligente permettant d'abord la modélisation du problème de conception, puis sa résolution. Au LIPSI, la plupart de ces travaux étaient appliqués à des problèmes de mécanique des structures.

En CII et plus largement en conception interactive (CI), la modélisation du problème de conception repose sur la mise en œuvre combinée de techniques issues de l'intelligence artificielle et de méthodes numériques couramment utilisées en Mécanique (en particulier autour de la méthode des éléments finis). Ces assemblages originaux constituent des techniques de réduction de modèles, qui permettent la modélisation d'un problème de conception sous une forme parcimonieuse, exacte et explicite.

Les modèles sont ensuite exploités à l'aide de techniques de calculs combinatoires appelées CSP (méthodes de calculs par satisfaction de contraintes). Les CSP permettent de traiter simultanément des variables à valeurs hétérogènes, de domaines continus (flous, intervalles, réels) ou discrets (entiers, linguistiques) et s'avèrent tout particulièrement adaptées au traitement d'un modèle de connaissances en conception. La thèse de X. Fischer (LEPT et LIPSI, 2000) et le travail conjoint avec J.-P. Nadeau et P. Sébastien (TREFLE) ont posé les bases de la démarche de Conception Inversée Intégrée, et démontré sa puissance au travers de la résolution d'un problème de conception mécanique réel, la conception d'un appareil à pression.

Elaborée afin de renforcer l'innovation technologique et d'élargir la vision sous-jacente à la CII, la Conception Interactive telle que nous la décrivons ci-dessous résulte de la combinaison de travaux spécifiques, appuyés sur des théories d'ingénierie numérique et d'ingénierie de la conception. Elle est appliquée à des problématiques industrielles, pour le moment dans le champ de la Mécanique. Les principaux domaines d'application sont aujourd'hui : l'ingénierie du ski (collaboration avec Skis Rossignol), l'automobile et ses dérivés (TRW, Espagne; Iecos, Mexique; Praxair, Mexique; Volkswagen, Allemagne), et l'aéronautique (Dassault Aviation; IAI, Labein, Espagne).

Nous décrivons d'abord les quatre grandes phases de la Conception Interactive, avant de préciser les contributions du LIPSI à son développement.

- Description du problème de conception : il s'agit d'outils spécifiques permettant la description d'un problème de conception le plus tôt possible dans le processus de conception. Les démarches déployées combinent des approches fonctionnelles (analyse fonctionnelle), des méthodes de créativité (TRIZ et aide à l'innovation) et des méthodes issues de l'ingénierie des connaissances.
- Modélisation du problème de conception : il s'agit d'instruments dédiés à la construction d'un modèle réduit, qualifié et analytique du problème de conception. En amont, l'usage de systèmes embarqués garantit l'identification des comportements du monde réel ; en aval, les outils numériques classiques (fondés sur la manipulation de variables

à valeurs réelles) combinés à des théories de modélisations floues, par intervalles ou discrètes soutiennent la modélisation des connaissances et des comportements.

- Résolution : la résolution des problèmes est mise en œuvre avec des techniques CSP. Le LIPSI ne développe pas ce type d'outils, il utilise ceux qui sont conçus dans le cadre d'une collaboration (projet RNTL CO2) avec Dassault Aviation et un consortium de laboratoires (LIP6, LINA, TREFLE, LIPSI), en particulier l'outil CE (Constraint Explorer) conçu par Dassault Aviation, qui évolue en fonction des études menées conjointement.
- Représentation des solutions : il s'agit de nouveaux outils permettant l'exploration des espaces de solution de conception et leur représentation. Ces outils consistent à réduire les espaces de solutions par l'interprétation numérique des préférences, la création d'indicateurs de navigation et la mise en œuvre d'un prototypage virtuel multi-sensoriel.

Cette démarche étend le propos de la CII, en considérant les réductions de modèles comme partie intégrante de la méthodologie, et en rendant interactive la représentation des solutions. Transversale, la CI donne lieu à des collaborations au sein du LIPSI avec les spécialistes des systèmes embarqués (pour l'analyse des comportements réels en vue de modélisations), les spécialistes de robotique (pour la conception de systèmes permettant l'interaction homme/monde virtuel) et les spécialistes de l'aide à la conception, notamment collaborative (pour l'implantation d'outils adaptés dans les processus).

2.1.2 Résultats

Le LIPSI apporte des contributions plus ou moins importantes à chacune de ces phases, au cours de travaux menés en collaboration avec des centres de recherche français et étrangers, parfois avec des implications industrielles fortes.

Techniques de description et de modélisation Les travaux décrits ici ont été menés avec le TREFLE (J.-P. Nadeau, J.-R. Puiggali, P. Sébastian, J. Pailhès), le LGM (M. Danis) et le LMP (M. Cid).

Tout d'abord, une méthodologie systématique de description, croisant approche fonctionnelle et comportementale, a permis de fournir une solution en matière de structuration et de qualification d'un modèle en conception (thèse de Y. Vernat, TREFLE et LIPSI, 2004). Notre formalisation de modèles, adaptée à la prise de décision en conception architecturale, garantit l'obtention de représentations à la fois parcimonieuses et exactes. Les modèles, plus faciles à exploiter en conception préliminaire et cohérents avec les attentes du concepteur, sont issus d'une méthodologie basée sur

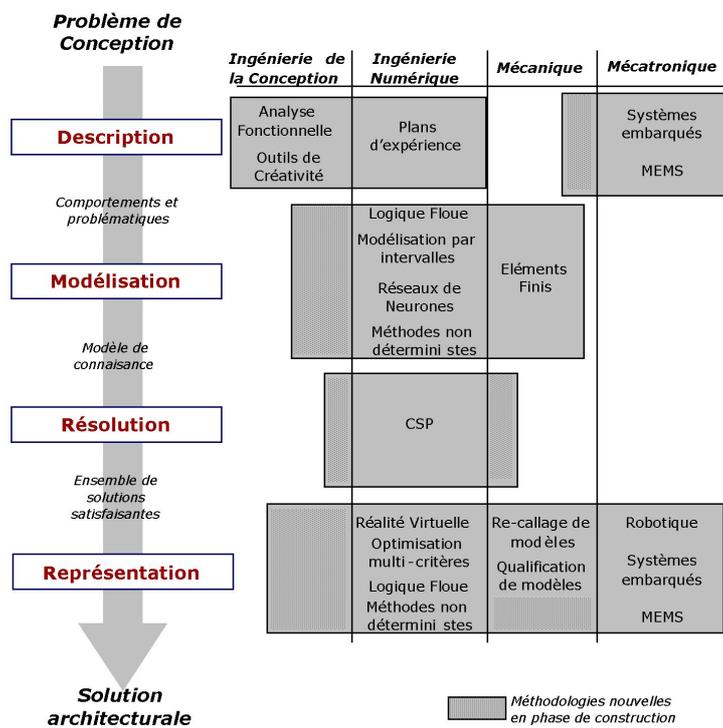


FIG. 2 – La Conception Interactive résulte de la combinaison d’outils adaptés et améliorés

une décomposition fonctionnelle, l'utilisation de quatre critères spécifiques de qualification des modèles, et l'utilisation des techniques d'adaptation de modèles dédiés aux solveurs CSP.

Un autre travail, mené selon une démarche parallèle, fournit une approche nouvelle permettant de croiser des modèles physiques et des modèles analytiques destinés à représenter les connaissances métiers relatives à la fabrication de pièces multi-matériaux mécano-collées, en préalable au développement d'un outil d'aide à la conception architecturale et routinière. L'originalité de la méthode proposée réside en une nouvelle solution en matière de réutilisation des connaissances capitalisées (thèse de Ph. Etchart, LGM et LIPSI, en cours, sous convention CIFRE avec l'entreprise Ederena Concept, Landes).

Puis, une démarche plus spécifique centrée sur l'utilisation potentielle d'un produit, a conduit à accommoder approche fonctionnelle et sensorielle (thèse de R. Doré, TREFLE et LIPSI, 2004). Ce travail permet aujourd'hui de considérer, au plus tôt dans le processus de conception, les préférences des futurs utilisateurs d'un produit. La démarche s'articule sur :

- l'identification des fonctionnalités du produit,
- l'identification et la quantification des variables sensorielles pertinentes pour la réalisation des fonctionnalités du produit,
- l'identification et la quantification des Variables critères et des Variables de Conception pertinentes pour la réalisation des fonctionnalités du produit,
- l'établissement de relations entre les variables sensorielles et les variables de conception / variables critères.

Cette étude a été appliquée à la problématique du ski.

Toujours dans le cadre de l'étude du ski, un travail particulier (thèse de M. Léger, LMP, TREFLE et LIPSI, sous convention CIFRE avec Skis Rossignol) a utilisé des méthodes issues de l'analyse comportementale et des systèmes embarqués pour décrire et modéliser de façon exhaustive le comportement thermomécanique d'un ski en phase d'utilisation. Cette analyse a permis d'éclaircir ce comportement, paradoxalement mal connu, et qui a des influences fortes sur les sensations et la performance des skis.

Résolution d'un problème Les modèles exploités sont traités avec les techniques CSP. A ce jour, seuls des problèmes de conception architecturale sont traités. Développé par Dassault Systèmes dans le cadre du projet RNTL CO2, l'outil CE fournit des solutions complètes en matière de résolution. Le LIPSI ne participe pas à la réalisation des solutions techniques mais il contribue à la constitution des cahiers des charges.

Représentation des espaces de solutions Des travaux en cours s'intéressent à l'exploration et la représentation des espaces de solutions, déter-

minés par les outils CSP. Ces travaux, qui ont démarré à l'automne 2004, s'articulent autour de collaborations entre l'IRCCYN et le LIPSI. Ils concernent :

- la représentation interactive des solutions multi-dimensionnelles sous forme de composants et d'interactions (thèse de K. Ordaz),
- l'exploration et la réduction des espaces de solution par le biais des préférences (thèse de L. Serna),
- Un soutien à la navigation dans les espaces de solution, facilitant le recalage de modèles et la négociation (thèse de R. Mejia).

Fondés autour du concept de simulation, ces travaux tentent de garantir une représentation plus réaliste des prototypes virtuels en permettant à l'Homme d'agir sur l'environnement virtuel et de le ressentir. Les modèles, qui allient des techniques d'intelligence artificielle, d'ingénierie numérique avancée, de réalité virtuelle et des recettes basées sur des modélisations par agents, visent une retranscription fidèle des environnements virtuels en Mécanique. Les représentations interactives cherchent avant tout à

- prolonger les outils classiques de CAO,
- soutenir et garantir l'aboutissement de projets industriels innovants,
- renforcer l'intégration de la simulation numérique en conception au travers de nouvelles méthodes de modélisation en Mécanique,
- prolonger les méthodologies et outils de conception collaborative.

L'utilisation de systèmes multi-agents structure l'architecture des modèles employés en conception interactive. Adaptés à l'origine aux activités multiculturelles et distribuées couramment pratiquées en conception de produits, ils constituent aussi une solution intéressante pour la représentation réaliste de comportements physiques.

2.1.3 Perspectives

Nous prévoyons bien sûr de continuer à développer et à enrichir la Conception Interactive. Nous avons déjà mentionné les travaux récemment entamés concernant la représentation et la navigation dans l'espace des solutions proposées par les outils de résolution de contraintes. Nous souhaitons aussi enrichir la démarche de la CI en faisant davantage intervenir des notions d'organisation des processus de conception interactive, d'analyse des comportements humains et d'ingénierie des connaissances. Enfin nous souhaitons éprouver et valider notre démarche en appliquant les méthodes de la CI dans d'autres domaines que la mécanique, en particulier en mécatronique.

L'ensemble de nos travaux dans ce domaine repose sur des collaborations, en France et à l'étranger. Nous allons bien sûr continuer à travailler avec nos partenaires historiques, le TREFLE et le LMP à Bordeaux, et les partenaires universitaires et industriels du projet CO2. Mais nous avons aussi entamé de nouvelles collaborations, en particulier avec l'IRCCYN en ce qui concerne la représentation des espaces de solutions, et avec le RIATEC, Re-

search Institute of Advanced Technology, de l'Université de Wolverhampton (qui est déjà un partenaire pédagogique du cursus ingénieur de l'ESTIA) en ce qui concerne l'intervention de notions d'ingénierie des connaissances dans les processus de conception intégrée. Enfin, nous avons initié des contacts avec des Universités et des Centres de recherche mexicains (Cinvestav, U. Guadalajara, Tec Monterrey, ITESM, Centro de Innovación en Diseño y Tecnología, UDLAP, CIATEQ), qui s'intéressent comme nous à l'ingénierie de la conception, notamment dans le domaine de la mécatronique et des interfaces multisensorielles homme / environnement virtuel. Les trois docteurs qui travaillent sur la représentation des solutions ont été recrutés par le biais de ces contacts.

2.2 Méthodes numériques sans maillage

2.2.1 Présentation générale

Les méthodes sans maillage sont une alternative à la méthode des éléments finis, extrêmement répandue en ingénierie pour la simulation de phénomènes physiques. La méthode des éléments finis est robuste, facilement accessible dans des outils de qualité industrielle, mais elle souffre de quelques handicaps. Le premier est générique : la construction et la gestion du maillage sous-jacent à cette méthode sont coûteuses, souvent davantage que la résolution proprement dite [1,2]. Le second dépend des domaines d'application : lorsque la simulation porte sur des domaines qui subissent de grandes déformations, le maillage se déforme tant qu'il faut remailler si l'on veut conserver la qualité des résultats. Cette dernière opération est délicate voire impossible dans le cas de géométries complexes.

Les méthodes sans maillage (où l'approximation se fait à partir de nœuds répartis sur le domaine étudié) évitent ces deux écueils : la suppression du maillage permet un passage plus aisé entre le modèle CAO et le modèle nécessaire pour la simulation, et la suppression du remaillage permet de traiter plus aisément des problèmes faisant intervenir de grandes transformations.

Malgré ces avantages, les méthodes sans maillage ne sont pas encore utilisées dans un contexte industriel et ceci pour trois raisons essentielles :

- peu de grands codes de calcul proposent ce type de méthodes.
- ces méthodes ne sont intéressantes pour l'ingénieur que lorsque le problème ne peut être résolu facilement par la méthode des éléments finis.
- ces méthodes induisent des changements conceptuels profonds pour l'utilisateur (suppression du maillage, de la notion d'éléments, complexité dans la définition et le choix des fonctions d'approximation)

L'objectif de notre travail de recherche est de faire évoluer les méthodes sans maillage afin de résoudre des problèmes réputés difficiles en élément

finis, comme la modélisation du phénomène de solidification (équations de Stefan) [6]. Une partie de la puissance des méthodes sans maillage vient de la souplesse qu’offre la définition des fonctions d’approximation. En particulier, il est possible d’enrichir ces fonctions. Plus précisément l’enrichissement permet d’inclure au niveau des fonctions d’approximation des propriétés de la physique du problème à étudier. Par exemple pour simuler un problème de propagation de fissure on peut enrichir les fonctions d’approximations situées en front de fissure avec des composantes de la solution analytique du problème [1,2]. Il est ainsi possible, avec un faible nombre de nœuds, d’approximer avec une grande précision la solution du problème.

Il existe essentiellement deux méthodes pour enrichir les fonctions d’approximation. La première consiste à ajouter à une fonction d’approximation initiale une fonction enrichie. Les fonctions d’approximation initiale peuvent être des fonctions issues d’une méthode sans maillage ou d’une interpolation par éléments finis. Cette méthode est d’application universelle, et elle implique l’introduction de nouveaux degrés de liberté dans le problème, ce qui augmente sa taille et par conséquent le temps de résolution [1].

Une autre méthode d’enrichissement est applicable lorsque l’on utilise des fonctions d’approximation de type RKPM (Reproducing Kernel Particle Method) ou MLS (Moving least square) [2]. Ces fonctions d’approximation sont définies à partir d’un ensemble de fonctions élémentaires, et la fonction d’approximation finale sera une combinaison de ces fonctions élémentaires. Ainsi nous introduisons dans la définition de la fonction d’approximation la fonction unité et des monômes, de manière à pouvoir reproduire des fonctions polynomiales. L’ajout d’autres types de fonctions permet de reproduire a priori n’importe quel type de fonctions. Cette approche a été très peu utilisée car la matrice moment permettant de définir la fonction devient fréquemment singulière et l’enrichissement peut devenir global, ce qui est pénalisant lorsque la zone enrichie est mobile. Dans nos travaux, nous avons montré qu’il est possible de s’affranchir de ces deux problèmes. Un autre avantage de cette méthode est de ne pas faire intervenir de nouveaux degrés de liberté dans le problème.

2.2.2 Résultats

Nous nous intéressons à la simulation des phénomènes présentant des discontinuités mobiles. Notre travail est mené en collaboration avec le LMSP (Laboratoire de Mécanique des Systèmes et Procédés, ENSAM, Paris), notamment autour d’une thèse (J. Trunzler, LMSP et LIPSI, en cours). Ce travail, qui a débuté en 2002, nous a d’abord permis de développer la nouvelle méthode d’enrichissement présentée précédemment [4].

- Une des faiblesses des méthodes sans maillage provient des difficultés rencontrées pour l’intégration des fonctions de forme. Ceci est encore plus critique lorsque les équations qui définissent le problème sont discrétisées par

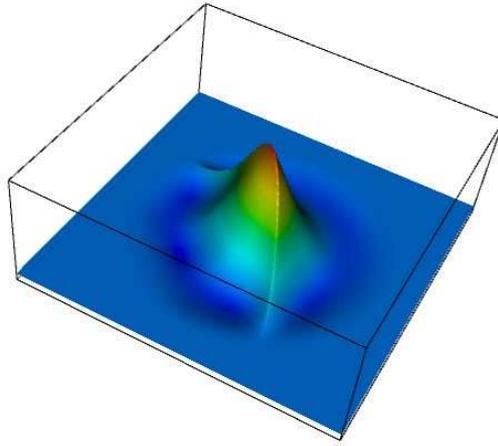


FIG. 3 – Fonction de forme enrichie située sur une discontinuité circulaire

une méthode de type Galerkin (comme dans l'approche EFG, Element-free Galerkin) [1]. Pour éviter ce problème, nous avons porté notre attention sur l'utilisation de la méthode de collocation [3], qui est écrite à partir de la formulation forte du problème et offre ainsi l'avantage de ne pas nécessiter l'intégration des fonctions d'approximation.

En associant notre méthode d'enrichissement et un schéma de collocation par points ou par sous-domaines nous avons développé une méthode originale pour résoudre des problèmes de conduction thermique sur un domaine composé de deux matériaux ayant des coefficients de conduction thermique différents. En effet, le champ des températures présente au niveau du changement des matériaux une discontinuité en ce qui concerne le flux thermique. Cette discontinuité est traitée efficacement avec les fonctions d'approximation que nous avons développées. Nous obtenons une méthode simple, précise et rapide pour traiter ce type de problèmes [4,5].

- Ce travail a été poursuivi de manière à introduire des discontinuités mobiles. Une méthode a été développée pour résoudre efficacement un problème de Stefan simulant la propagation d'un front de solidification entre de l'eau et de la glace [6]. Notre méthode est aussi précise que la méthode XFEM [8] mais offre l'avantage d'être plus rapide en temps d'exécution.

- Plus récemment, nous avons développé de nouveaux schémas permettant la résolution des équations de Stokes incompressibles écrites sous la forme vitesse pression. Ce problème est difficile car les méthodes triviales conduisent à un calcul erroné du champ de pression [7]. Notre travail a consisté à proposer plusieurs schémas basés sur des fonctions de forme de type MLS/RKPM [1], couplées ou non, associées à un schéma de discrétisation de type collocation. Nos schémas ne présentent pas d'oscillation au niveau du champ de pression. De plus, les noeuds servant à construire l'approximation des

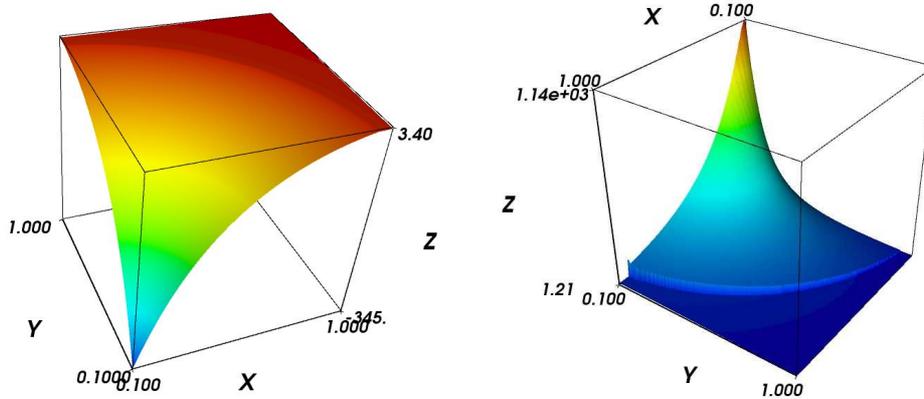


FIG. 4 – Front de solidification eau-glace : champ des températures et sa dérivée (discontinue)

champs de pression et de vitesse sont les mêmes presque partout et le degré de la base polynomiale est identique pour les deux approximations. Ceci nous permet de proposer des schémas de résolution plus simples à mettre en œuvre que les schémas décalés classiques [7].

- Enfin, en 2005, nous avons établi une collaboration quelque peu inattendue avec des informaticiens pour appliquer notre savoir-faire au domaine de la reconstruction de surfaces définies à partir de nuages de points capturés par un scanner 3D. Il s'avère en effet que cette problématique repose sur le même socle mathématique que les méthodes sans maillage. En collaboration avec des chercheurs du LaBRI (et grâce au stage post-doctoral de l'un d'entre eux au LIPSI), nous avons appliqué notre travail sur les fonctions de forme discontinues au cas de la reconstruction de surface présentant des angles vifs. Ce travail a abouti au développement de démarches performantes et originales. Un module basé sur ce travail a été incorporé dans le logiciel de reconstruction de surfaces PointsShop3D [9].

2.2.3 Projets et perspectives

Nous allons continuer notre travail sur l'enrichissement des fonctions d'approximation. Plus précisément, nous souhaitons développer une fonction d'approximation MLS/RKPM de type Hermite. Pour ce type de fonction, il est possible de définir en chaque nœud la valeur de la fonction et de ses dérivées, et leur utilisation dans la résolution du problème de Stokes incompressible semble prometteuse. Ces fonctions sont également intéressantes pour nos collègues du LaBRI qui travaillent sur la reconstruction de surfaces, par exemple lorsqu'il est nécessaire de spécifier en un ensemble de points la hauteur mais également les pentes et les courbures de la surface. Ces futurs développements permettront de renforcer notre collaboration ce

qui permettra d'enrichir deux domaines scientifiques distincts partageant un support théorique commun.

Nous souhaitons aussi valoriser le travail mené sur la résolution des problèmes de thermique discontinus. La modélisation thermomécanique des composants électroniques rentre parfaitement dans ce cadre, et des contacts industriels ont été pris afin de développer un prototype logiciel dédié à ce type de modélisation.

Références bibliographiques

- [1] G.R. Liu. Mesh Free Methods : Moving Beyond the Finite Element Method, ISBN 0849312388, CRC Press, 2002.
- [2] S. Li, W.K. Liu. Meshfree Particle Methods, Springer, 2004.
- [3] N.R. Aluru. A point collocation method based on reproducing kernel approximations, *Int. J. Numer. Meths. Eng.*, 47, pp. 1083-1121, 2000.
- [4] P. Joyot, J. Trunzler, F. Chinesta. Enriched reproducing kernel approximation : Reproducing functions with discontinuous derivatives. In M. A. Griebel, M. Schweitzer (éds) *Meshfree Methods for Partial Differential Equations II*, volume 43 of *Lecture Notes in Computational Science and Engineering*, pp. 93-108, 2004. ISBN : 3-540-23026-2.
- [4] P. Joyot, J. Trunzler. Discontinuous derivative enrichment in RKPM meshless methods. In 6th International ESAFORM Conference on Material Forming, pp. 651-654, Università di Salerno, Nuova Ipsa Editore, ISBN 88-7676-211-6, 2003.
- [5] P. Joyot, J. Trunzler, F. Chinesta. Discontinuous derivative enrichment in reproducing kernel particle approximations (RKPA). In : 7th International ESAFORM Conference on Material Forming, pp. 69-72, Norwegian University of Science and Technology, Sigurd Stören, ISBN 82-92499-02-04, 2004.
- [6] J. Trunzler, P. Joyot, F. Chinesta, P. Reuter. Enriched Reproducing Kernel Particle Approximation for Simulating Problems Involving Moving Interfaces : Application to Solidification Problems. In 8th International ESAFORM Conference on Material Forming, 2005.
- [7] P. Joyot, J. Trunzler, F. Chinesta. Point collocation methods using reproducing kernel approximation for the solution of the Stokes equations. In V.M.A. Leitao, C.J.S. Alves, C.A. Duarte (éds) *Proceedings of the ECCOMAS Thematic Conference on Meshless Methods*, pp. D21.1-D21.6, Departamento de Matematica, Instituto Superior Tecnico, Lisboa, 2005.
- [8] N. Sukumar, D.L. Chopp, N. Moës, T. Belytschko. Modeling holes and inclusions by level sets in the extended finite-element method, *Comput. Meths. Appl. Mech. Eng.*, 190, pp. 6183-6200, 2001.
- [9] P. Reuter, P. Joyot, J. Trunzler, T. Boubekour, C. Schlick. Surface Reconstruction with Enriched Reproducing Kernel Particle Approximation. In *Point-Based Graphics 2005*, 2005.

2.3 Simulation 3D et Interaction

Dans le domaine de la conception assistée par ordinateur de produit, les outils de simulation interactive multi-sensorielle suscitent un intérêt grandissant de la part des industriels, qui y voient la possibilité de diminuer le

nombre de maquettes physiques d'un produit (prototypage virtuel). L'augmentation de la puissance de calcul et d'affichage des ordinateurs et la multiplication des périphériques de réalité virtuelle permettent de restituer des sensations visuelles, auditives, haptiques ou tactiles. Toutefois, ces avancées posent des problèmes de nature technique, scientifique, méthodologique ou cognitive. Notre travail concerne à la fois les problèmes soulevés par la simulation, et ceux que soulève la notion d'interaction.

Au travers de la réalisation de plusieurs simulateurs, nous nous sommes confrontés à trois problématiques. D'une part le problème des capacités matérielles des ordinateurs qui ne suffisent pas toujours pour répondre aux besoins de réalisme des images synthétisées (rendu de la simulation). D'autre part la mise en œuvre d'une architecture logicielle générique, modulaire et donc évolutive pour ces simulateurs dont la complexité ne cesse de croître. Enfin, la définition et la précision du modèle physique nécessaires à une simulation réaliste.

Qu'il s'agisse des simulateurs ou plus généralement des applications de Réalité Virtuelle, on constate une évolution assez limitée des techniques d'interaction. L'immersion de l'utilisateur est liée pour l'essentiel au seul sens de la vue, et le bénéfice tiré de l'immersion ne dépend ainsi que des propriétés de l'affichage : qualité d'image (photo-réalisme) et qualité de la surface d'affichage. Ce sont les problématiques évoquées ci-dessus. Il est clair aujourd'hui que la qualité de l'interaction constitue un facteur au moins aussi important pour plonger efficacement l'utilisateur dans l'application. Dans ce but, nous proposons des techniques pour améliorer les possibilités d'interaction des outils d'aide à la conception de produit.

Nous présentons ci-dessous nos résultats en termes de simulateurs d'une part et d'interaction d'autre part.

2.3.1 Les simulateurs

Les acteurs du marché de la formation sont de plus en plus intéressés par les outils de simulation interactive multi-sensorielle, qui permettent de dispenser des enseignements sans avoir à supporter le coût d'équipements réels ni celui des matières premières, en particulier dans les contextes où les équipements évoluent et doivent être renouvelés fréquemment. Nous avons développé à l'ESTIA depuis 1999 une compétence dans le développement de simulateurs d'entraînement, dont le premier était un simulateur de pêche et de navigation, aujourd'hui utilisé au Lycée Maritime de Ciboure (64). Plus récemment, nous avons achevé le développement de trois projets dans ce domaine. L'un concerne la simulation réaliste de paysages marins (thèse de J.-M. Cieutat, 2003, LaBRI et LIPSI) et enrichit le simulateur de navigation ; le second concerne la simulation de circuits électriques et électrotechniques (thèse de F. Legrand, 2004, IXL et LIPSI), en collaboration avec l'entreprise AlgoTech Informatique (Bidart) ; le dernier concerne la simulation d'un in-



FIG. 5 – Rendu de la houle et de la surface de la mer, simulateur de navigation et de pêche

cinérateur de déchets (projet commun avec le LEPT-TREFLE et le LGPP-LaTeP). Ces trois projets sont maintenant en phase de valorisation.

- Le travail accompli autour de la modélisation physiquement réaliste de sessions de simulation d'entraînement maritime aborde le problème selon plusieurs angles. En ce qui concerne la physique de la vague, un modèle de houle appuyé sur une approche de simulation d'une onde de surface nous a permis de simuler la forme et la propagation d'un train régulier de vagues depuis la pleine mer jusqu'au rivage en tenant compte des effets du courant et de la profondeur. De plus, un modèle de mer du vent basé sur une approche de simulation spectrale nous a permis de représenter les états de mer (définis sur l'échelle de Beaufort) en fonction des conditions de vent. En ce qui concerne la modélisation de la scène océane, une structure de données multi-grille à échelle fixe, combinée à des techniques d'affichage par niveaux de détails et d'ajout de détails apparents, permet d'intégrer au sein d'un même outil interactif animé toutes les échelles, de la ride millimétrique à l'ensemble d'un golfe. Enfin, en ce qui concerne le rendu physiquement réaliste, le modèle d'éclairage est directement traité par une carte graphique programmable.

- Le projet Simul'Elec (Simulateur de circuits Electriques intégré à un logiciel de DAO/CAO Electrique), mené avec l'IXL et la société Algotech'Informatique portait sur la modélisation de circuits électrotechniques en vue de leur simulation, et sur la réalisation d'un simulateur. L'ensemble des modes d'analyse intégrés dans ce simulateur permet de réaliser une étude complète d'une installation électrique. L'interface simple et efficace permet d'utiliser le simulateur aussi bien pour des applications industrielles que dans une approche pédagogique. La dernière phase du projet (financée par le pôle EITICA du Conseil Régional d'Aquitaine) nous a permis de valider nos résultats par comparaison avec des simulateurs reconnus sur le marché (en particulier SPICE) et par des essais sur un banc de test construit

spécifiquement à cet effet. Ces essais ont amené une validation qualitative et quantitative d'un nombre important de modèles ainsi qu'une connaissance plus fine des comportements modélisés grâce aux mesures sur le banc d'essai. La connaissance de ces comportements nous a permis de mettre en évidence les points à rectifier dans nos modèles, et ainsi de les améliorer. Enfin, nous avons pu estimer les performances de Simul'Elec vis-à-vis d'autres simulateurs utilisés dans le cadre spécifique de l'électrotechnique.

Le simulateur SIMUL'ELEC a démontré un bon fonctionnement global. Les ordres de grandeur correspondent dans l'ensemble à ceux observés lors des simulations, et la sélectivité est en général bien respectée, même si des différences ont pu être observées. Cependant, en cas de résultats différents, le simulateur est la plupart du temps plus sélectif que la réalité : il fait apparaître des défauts potentiels, ce qui renforce la sécurité d'utilisation. Le comportement global du simulateur est satisfaisant puisqu'en sélectivité totale, les résultats obtenus après simulation sont toujours ceux observés sur le banc. En sélectivité partielle ou en non-sélectivité, quelques rares résultats diffèrent entre les simulations et la réalité. Dans l'ensemble des cas, nous obtenons une meilleure précision que celle du calcul théorique qui est utilisé pour le dimensionnement des protections.

Il reste à prendre en considération l'inertie thermique des déclencheurs pour la simulation de déclenchement quasi instantanés et la valeur-crête du courant de court-circuit pour les déclenchements rapides. De plus, le modèle devra prendre en compte plus précisément le comportement du disjoncteur dans la zone de jonction des deux déclencheurs, où une augmentation de 5% du court de court-circuit peut se traduire par une diminution de 99% du temps de déclenchement.

La validation a donc prouvé les bonnes performances du logiciel, notamment dans ses parties les plus innovantes et les plus orientées vers l'électrotechnique. Conforté par ce bilan positif, Algo'Tech a mis sur pied le projet européen FRESH dont il est coordinateur et auquel participe l'ESTIA. Ce projet vise à proposer une solution complète de CAO électrique pour l'aéronautique allant de la reconnaissance de schéma papier, jusqu'à l'extraction d'informations environnementales dans des logiciels de CAO 3D comme Catia pour construire un modèle électrique pour un avion. On pourra simuler le comportement du modèle dans Simul'Elec afin de contrôler et de dimensionner les câbles et les équipements.

- Le projet SIMAPI, SIMulateur Aquitain de Procédé d'Incinération en 3D, a abouti à une maquette opérationnelle, qui permet aussi bien la formation de personnels que des démonstrations destinées à des décideurs (entreprises ou collectivités territoriales). Nos partenaires du LEPT ont fourni les modèles physiques de l'incinération, et nos partenaires du LGPP ont fourni une bibliothèque comprenant les décompositions ultimes des déchets. La contribution du LIPSI consistait en la conception de l'architecture logicielle et de l'animation du simulateur, ainsi qu'en la réalisation concrète de ce



FIG. 6 – SIMAPI porté sur la VisionStation lors du Salon Virtual Concept de 2003

simulateur. Nous avons développé à cette fin une architecture modulaire qui permet de changer le procédé d'incinération, le modèle de l'usine virtuelle ainsi que l'interface de contrôle commande. Au sein de l'environnement 3D, le simulateur permet à un opérateur virtuel de circuler dans le bâtiment, d'actionner les valves et les pompes. Au sein de l'environnement 2D, le simulateur permet classiquement de contrôler l'usine.. Cette maquette opérationnelle a été livrée en janvier 2002. Dans une seconde phase (01/2003 - 11/2003), le soutien du Pôle Environnement du Conseil Régional d'Aquitaine nous a permis de confronter SIMAPI à un cas réel régional (en collaboration avec la Communauté d'Agglomération BAB et le CRT ESTIA-Innovation). Enfin, en 2003-04, nous avons entamé le travail de transfert de SIMAPI : d'un point de vue technique, nous avons porté SIMAPI sur une VisionStation (station de travail munie d'un écran hémisphérique) et dans la salle immersive (reality center) Hemicyclia à Bordeaux. Une démarche de communication a été réalisée par une professionnelle (identification de messages et de cibles, plaquettes, mailing, site web (<http://www.simapi.estia.fr>)). L'intérêt des personnes sollicitées est affiché mais nous sommes toujours en attente d'un partenaire pour passer en phase d'industrialisation.

2.3.2 Interaction

Comme nous l'avons souligné plus haut, une immersion uniquement visuelle reste limitée en matière de simulation. On cherche alors à mettre en place des systèmes mixtes, qui reposent sur la fusion des mondes physique et numérique, affranchissant ainsi les utilisateurs des barrières séparant ces

deux mondes. On souhaite in fine, c'est une caractéristique de l'informatique ubiquitaire (ou informatique ambiante), étendre la notion d'interface à tous les objets de l'environnement afin de prendre en compte leur usage intuitif.

A cette fin, on peut intégrer dans ces systèmes des interfaces tangibles (Tangible User Interface, TUI), qui permettent d'interagir avec l'objet de la tâche en manipulant des objets du monde réel. Dans la littérature, les TUIs sont également appelées : *graspable user interface*, *natural user interface*, *tangible query interfaces*. Ullmer et Ishii (Tangible Media Group, MIT Media Lab) ont été les premiers en 1997 à introduire ce concept, sous le nom de *Tangible Bits*. Les TUIs permettent à un utilisateur d'utiliser des outils ou des objets physiques (props) pour manipuler des données virtuelles ou agir sur elles. Les mouvements que l'utilisateur réalise avec ses mains sur les interacteurs sont les entrées du programme. Les TUIs permettent donc de réduire la distance entre l'utilisateur et la donnée, conformément au paradigme de l'informatique ubiquitaire : Utiliser des systèmes informatiques sans s'en apercevoir !

Les systèmes proposés doivent être non intrusifs et ne pas entraver les actions quotidiennes. Ainsi, pour les concepteurs en bureau d'étude (voir plus bas notre premier cas d'application, le projet ESKUA), l'interface doit être utilisable au quotidien et à leur poste de travail et ils doivent pouvoir passer d'une tâche à une autre sans difficulté : téléphoner, utiliser leur ordinateur (clavier, souris), écrire, et assembler par l'intermédiaire du système.

Nous avons donc travaillé sur un système léger d'acquisition des données. Notre choix s'est porté sur la capture vidéo, à l'aide d'un système peu coûteux : une webcam USB et un plateau servant de support et de cadre à la manipulation. La plateforme de développement est un PC standard sous Linux.

Pour le suivi vidéo des interacteurs, nous avons proposé et implémenté plusieurs algorithmes. Le premier repose sur une démarche classique de capture du mouvement par suivi de points dans une image. Les interacteurs sont munis de marqueurs carrés (de l'ordre de 1cm³) et l'on suit les sommets de ces marqueurs. Cette démarche est cependant trop limitée : elle n'offre pas un suivi en trois dimensions avec 6 degrés de liberté, mais seulement dans le plan avec 3 degrés de libertés (deux translations et une rotation). De plus, le suivi d'un interacteur est perdu lorsque deux marqueurs sont en contact. Enfin, l'occlusion d'un interacteur par une main au cours d'un mouvement modifiant le placement de cet interacteur conduit à la perte de l'interacteur, et donc de l'objet associé.

Pour nous affranchir de ces limitations nous avons entrepris de mettre en place un algorithme reposant sur une approche par modèle en deux phases : calibration de la caméra, puis suivi des interacteurs dans la scène. Les approches par modèle sont de plus en plus utilisées par la communauté de Synthèse d'image, voir Le Proux de la Rivière (LaBRI) pour repérer la position de la main, ou Johnson et Hebert (Carnegie Mellon) pour le suivi de



FIG. 7 – Interacteurs avec marqueurs (à gauche), détection des marqueurs et des centres des interacteurs (à droite)

plusieurs objets. Nous résolvons ainsi le problème du contact mais les limitations dues à l'occlusion de la main avec mouvement et la restriction au suivi dans le plan synthétisées ci-dessus subsistent.

Nous sommes alors revenus à une approche par marqueurs, cette fois-ci différenciés, en nous appuyant sur la bibliothèque ARTOOLKIT de suivi de marqueurs. Nous avons développé un suivi où nous savons retrouver un interacteur après son occlusion et où nous avons dans environ 80% des cas un repérage exact de la position de l'interacteur non seulement sur le plan mais également en profondeur, c'est-à-dire en trois dimensions.

En résumé, le suivi d'interacteur en 3D par vidéo est encore aujourd'hui délicat à implémenter en environnement non contraint. Nous avons cependant mis en œuvre une solution satisfaisante de suivi dans l'espace, résistante aux occlusions en mouvement. Ce travail, en grande partie réalisé dans le cadre d'une thèse (L. Garreau, 2005, LaBRI et LIPSI), continue d'être développé.

Cas d'application Les techniques de suivi vidéo décrites ci-dessus ont été élaborées dans le cadre du développement d'un système de TUI dédié à une tâche et un environnement professionnel spécifique, celui de la conception de produits mécaniques. Le système ESKUA (Expérimentation d'un Système Kinésique Utilisable pour l'Assemblage) que nous avons conçu ne cherche pas à remplacer la souris et le clavier mais les complète pour certaines activités du concepteur dans son usage des logiciels de CAO [37]. L'usage des TUIs pour agir et collaborer sur des objets virtuels complexes, par exemple de type CAO, est cité par Ch. Chailloux comme une alternative intéressante dans le cadre du projet INRIA ALCOVE. Nous nous concentrons sur une activité particulière, l'assemblage (ou le montage) de pièces mécaniques (<http://www.estia.fr/~eskua>).

Nous sommes convaincus que ce type d'interface favorisera chez le concepteur, face aux choix technologiques qu'il est amené à faire, une prise de décision plus respectueuse des contraintes de montage en production. Les interacteurs permettront au concepteur d'être confronté à des contraintes

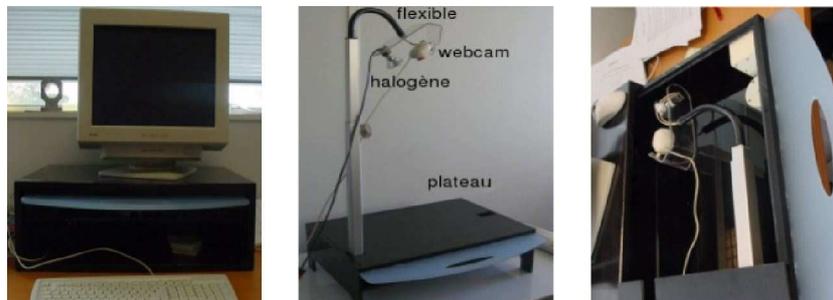


FIG. 8 – La plateforme : rangée sous le moniteur (à gauche), dépliée lors de son utilisation (au centre) et la caméra repliée en vue du rangement de la plateforme (à droite)

qui sont occultées du fait même des fonctionnalités des logiciels de CAO existants. Par exemple, les difficultés de mise en position relative de deux pièces avant fixation ou encore les difficultés d’insertion d’une pièce par rapport aux autres, telles que l’inaccessibilité ou les collisions. Nous pensons donc amener le concepteur à rationaliser sa conception, à s’interroger, à mener une réflexion plus poussée sur la phase d’assemblage.

La première version du démonstrateur d’interface tangible SKUA permet de joindre et de manipuler simultanément plusieurs pièces CAO à l’aide des interacteurs.

Les tests publiés que nous avons conduits avec ce prototype [ref1] démontrent que l’utilisation des interacteurs pour manipuler les objets dans l’espace est réellement pertinente et performante. Nous travaillons à l’enrichissement de cette première version, ainsi qu’au développement de TUIs dédiées à d’autres contextes professionnels (voir plus bas).

2.3.3 Perspectives

Le développement de simulateurs aussi bien que celui d’environnement intégrant des interfaces tangibles pousse logiciels et matériels à la limite de leurs performances, et comporte une dimension de génie logiciel lourde et complexe. Dans le même temps, la perspective d’applications industrielles nécessite de réduire les coûts d’implémentation, en particulier en favorisant la réutilisation. Nous continuerons à mener une réflexion sur l’approche par composants logiciels dans le cadre du développement d’environnement de réalité mixte, et nous avons rejoint à cet effet l’axe correspondant du GT 4.6 (Informatique diffuse) du Pôle ICC du GDR I3.

Nous souhaitons par ailleurs valoriser notre savoir-faire en matière de simulateurs d’entraînement et de simulation physique. Par exemple, nous envisageons d’enrichir le simulateur de navigation en développant l’étude

mécanique de la tenue à la mer d'un navire. Nous envisageons aussi de réutiliser l'architecture logicielle générique de SIMAPI (et d'enrichir ainsi notre base de connaissances liées à la conception de simulateurs) en réalisant un simulateur de sciage dédié à la formation des scieurs et à l'étude des procédés industriels de découpe du bois, en collaboration avec la Fédération des Industries du Bois d'Aquitaine (FIBA) et le Laboratoire de Rhéologie du Bois de Bordeaux (LRBB). Le premier objectif de ce projet est de pallier le manque d'opérateurs de découpe du bois en scierie. En proposant une formation sur simulateur adaptée à l'apprentissage des gestes complexes requis nous pensons favoriser le renouvellement des opérateurs et diminuer le coût de formation, la formation sur équipements réels étant devenue trop coûteuse. Une autre finalité du projet est de constituer un environnement de simulation de procédés industriels de découpe du bois afin d'optimiser qualitativement et quantitativement les produits de coupe.

Dans le domaine des TUIs, nous avons esquissé au cours d'un stage de master (LIPSI, LaBRI et Institut Français du Pétrole) ce que pourrait être une interface tangible pour la validation d'hypothèses pour les géosciences. L'IFP a besoin d'outils informatiques originaux pour aider les géologues et les géophysiciens dans leur tâche de modélisation du sous-sol, et ceux dont ils disposent (reality center, stations de travail multiprocesseurs et multi-écrans, clusters de PC) ne les satisfont pas complètement. Alors que les outils de simulation qu'ils utilisent répondent à leurs attentes, l'interaction avec ces outils est encore, de leur point de vue, beaucoup trop contraignante. Nous avons montré qu'un système type interface tangible peut dans bien des cas améliorer cet aspect des choses et nous sommes prêts à développer un tel système avec l'IFP, favorisant à la fois l'interaction avec le système de simulation et la collaboration synchrone et co-localisée des utilisateurs.

3 Conception et commande de systèmes mécatroniques

Ce chapitre concerne la conception de systèmes complexes. Dans la section 3.1, le secteur d'application est celui de la production d'énergie renouvelable, au moyen d'éoliennes ou de systèmes hybrides, mêlant plusieurs sources d'énergie (éolienne, photovoltaïque, etc).

Les travaux rapportés dans la section 3.2 portent quant à eux sur la conception de robots mobiles de petite taille, dans lesquels la commande interagit avec des capteurs miniaturisés, et sur la conception de tels micro-capteurs.

3.1 Génie électrique et automatique au service des énergies renouvelables

L'objectif est ici de mettre des compétences en électrotechnique, automatique et électronique de puissance au service du développement de la production électrique basée sur les énergies renouvelables. Ceci nous a conduit à des actions dans trois directions complémentaires :

- (1) Améliorer le pilotage et la commande de processus de production d'électricité à partir de sources renouvelables.
- (2) Résoudre les problèmes techniques que pose l'insertion de sources d'énergie renouvelable dans des réseaux de petite dimension.
- (3) Augmenter la sensibilisation du public à la problématique des énergies renouvelables.

3.1.1 Pilotage et commande

Présentation Notre travail sur le pilotage et la commande de processus de production d'électricité à partir de sources renouvelables concerne principalement les aérogénérateurs de grande taille que l'on trouve dans les grandes fermes éoliennes. On souhaite améliorer la commande des éoliennes de façon à augmenter à la fois leur productivité, leur fiabilité et la qualité de l'énergie produite, ce qui permet de diminuer le prix de revient du kWh éolien. Les progrès des deux dernières décennies ont déjà permis un fonctionnement acceptable, mais il reste des marges de progression importantes pour affiner les stratégies de commande et par là diminuer les coûts.

Les aérogénérateurs étudiés sont à vitesse variable et à régulation *pitch*. Cela signifie d'une part que le couplage machine électrique / convertisseur de puissance permet de faire varier la vitesse de rotation de la machine électrique et donc celle de la turbine éolienne, principalement pour augmenter le rendement aérodynamique du système et amortir les charges mécaniques du train de puissance. D'autre part, la régulation *pitch* concerne le fonctionnement en pleine puissance où la vitesse du vent incident dépasse

la vitesse de vent nominale et la puissance captée par la turbine éolienne doit être limitée à la puissance nominale de la machine électrique. Cette limitation, ou régulation, est réalisée en faisant varier l'angle de calage (*pitch*) des pales de l'aéroturbine.

Résultats Ces aérogénérateurs sont des systèmes complexes, et un gros travail de modélisation a été réalisé, en collaboration avec l'Université de Mondragón, pour représenter leur comportement dynamique en simulation. Ces modèles implémentés sur Matlab-Simulink permettent d'analyser différentes lois de commande et notamment d'examiner le rendement énergétique, la qualité de la puissance électrique et les charges mécaniques subies par la structure des éoliennes. Des lois de commande innovantes ont été conçues pour chacune des zones de fonctionnement.

En charge partielle, lorsque la vitesse de rotation maximale n'est pas atteinte, l'objectif prioritaire est d'optimiser le rendement aérodynamique de l'éolienne. La Commande Indirecte de Vitesse, qui est implémentée dans les aérogénérateurs commerciaux, a été comparée à une Commande Directe de Vitesse (CDV) conçue pour augmenter la dynamique de commande de l'éolienne et ainsi optimiser le rendement aérodynamique. Des essais de simulation et des essais réalisés sur un banc d'essai de 18 kW émulant, par une méthode particulière, une éolienne de 180 kW ont démontrés que la CDV augmente effectivement le rendement aérodynamique.

Toujours en charge partielle, mais lorsque la vitesse de rotation a atteint sa valeur nominale, il faut avant tout éviter les fluctuations du couple mécanique dans le train de puissance et de la puissance électrique produite. La vitesse de rotation étant constante dans cette zone de fonctionnement, le couple fourni par la turbine oscille aux fréquences multiples entières de cette vitesse de rotation, à cause d'effets aérodynamiques tels que le rotational sampling, l'ombre de la tour, le cisaillement du vent... Un contrôleur numérique robuste, permettant de diminuer l'amplitude des oscillations du couple mécanique et de la puissance électrique dans ce contexte a été conçu, en utilisant la méthode du placement de pôle avec calibrage de la fonction de sensibilité. Les résultats de simulation ont été convaincants.

En pleine charge, la vitesse de rotation étant encore constante (égale à sa valeur nominale), le couple fourni par la turbine oscille aussi. En plus des objectifs de la zone précédente, on souhaite ici que les pales n'oscillent pas trop, pour éviter une fatigue mécanique prématurée. Un contrôleur conçu avec la même méthode que dans la zone précédente a démontré son efficacité en simulation.

Perspectives Sur la base des modèles et des lois de commande déjà développés, des lois de commande avancées (notamment multivariables) sont en train d'être développées par certains membres du groupe, en collaboration



FIG. 9 – Micro-éolienne et panneaux photovoltaïques à l’ESTIA

avec X. Guillaud (L2EP, Lille) et F. Lescher (doctorant à l’Université de La Rochelle, sous la direction de P. Borne, Lille). En parallèle, et pour mieux encore prendre en compte les éléments mécaniques, nous avons un projet ambitieux d’optimisation de la commande d’éoliennes grâce à des micro-capteurs. La nature de ce projet, implique une collaboration avec les micro-électroniciens du LIPSI et de l’IXL (Bordeaux). Il s’agit de recueillir en temps réel les informations sur l’effort mécanique subi par l’aérogénérateur et de les utiliser dans l’algorithme de commande. Cela permettra de prendre en compte la nature chaotique du vent et la flexibilité de certains éléments de l’aérogénérateur.

Le pilotage automatique d’un réformateur d’hydrogène pour l’alimentation de piles à combustible est une autre problématique qui commence à être traitée dans ce champ. Ce type de pile est appelé à jouer un rôle croissant dans le futur. Ici, nous nous intéresserons en particulier à l’optimisation des logiciels de contrôle commande et à la mise en œuvre du matériel de commande et de l’instrumentation du générateur d’hydrogène.

3.1.2 Réseaux de petite dimension

Présentation Notre travail sur l’insertion de sources d’énergie renouvelable dans des réseaux de petite dimension a pour application principale les réseaux faibles, en particulier les réseaux isolés ou les réseaux situés sur des îles. Il s’agit d’une part de définir des commandes efficaces permettant à un petit système d’énergie hybride (éolien, photovoltaïque, piles à combustible, etc) de fournir une énergie de qualité constante malgré les aléas du soleil et du vent, et pour cela de recourir lorsque cela est nécessaire à un générateur diesel et à des systèmes de stockage d’énergie d’une façon qui soit économe, et aussi transparente que possible pour les consommateurs. Les nouveaux systèmes de génération distribués doivent de plus fournir des services au réseau auquel ils sont connectés pour en améliorer la stabilité. Il faut pour

cela que la puissance active et réactive de ces systèmes soient réglables sur tout leur champ de fonctionnement. Cela permet d'aider à maintenir le plan de tension et la fréquence du réseau.

De plus, les systèmes de génération distribués ne doivent pas se déconnecter du réseau lorsqu'une perturbation importante telle qu'un creux de tension se produit, car leur déconnexion augmente l'instabilité du réseau. Ces systèmes doivent en fait non seulement rester connectés, mais de surcroît aider le réseau à revenir à son état normal.

Les réseaux du futur devront prendre en compte ces nouvelles fonctionnalités des systèmes de génération électriques.

Résultats Un système d'énergie hybride (SEH) éolien - photovoltaïque - diesel de moyenne puissance a été dimensionné puis modélisé sur Matlab-Simulink pour analyser le couplage avec un petit réseau isolé. Nous avons étudié l'effet de perturbations provenant du réseau sur ce SEH, ainsi que les services que ce système peut fournir au réseau. Nous nous sommes pour l'instant surtout intéressés au régime déséquilibré, très courant dans cette configuration. Une commande avancée de l'onduleur reliant le SEH au réseau a été conçue pour fournir une tension triphasée sinusoïdale équilibrée même en présence de charges non équilibrées (thèse de I. Vechiu). Il est en effet important que la tension produite par le SEH soit équilibrée pour éviter d'endommager ou de perturber certaines charges.

Un banc d'essai adapté est en cours de conception, pour valider les résultats de ce projet. Il est en effet souhaitable de tester ces résultats sur un banc de simulation, avant de passer à des tests sur installation réelle, plus coûteux. D'importants travaux ont été réalisés en 2004 (post-doc d'O. Curea) pour définir ce banc, de façon qu'il permette la validation des travaux de I. Vechiu, mais aussi qu'il puisse servir à la validation de nos travaux à venir, concernant de nouveaux modules d'électronique de puissance conçus à l'ESTIA pour la société EnerSafe (voir plus bas) et d'autres types de réseaux hybrides (qui incluront notamment le recours à des piles à combustible). Ce dernier objectif a fait l'objet du travail de post-doc de S. El Aïmani, qui a défini des plans d'expérience destinés à tirer le meilleur parti du banc d'essai à notre disposition. Ces plans sont conçus pour se dérouler sur plusieurs années.

Un autre projet en phase finale, a porté sur l'étude du comportement des éoliennes à Machines Asynchrones Doublement Alimentées (MADA) (le type de machines le plus utilisé dans les éoliennes modernes), face aux creux de tension se produisant dans le réseau. De nouvelles lois de commandes des convertisseurs de la MADA ont été conçues et brevetées pour faire face à ce phénomène (thèse de I. Martinez, chercheur invité co-dirigé par H. Camblong).

Par ailleurs, nous avons commencé à travailler avec la société EnerSafe

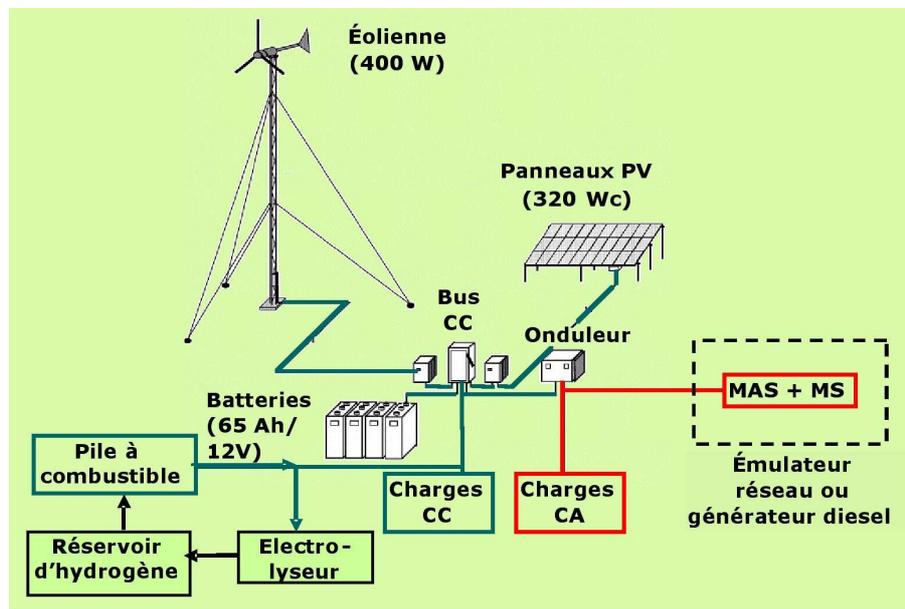


FIG. 10 – La plateforme hybride, dans sa configuration finale

qui souhaite se spécialiser dans les stations de production d'électricité isolées. Une expertise JESSICA pour le compte de cette société concernait la faisabilité de la réalisation d'un système d'électronique de puissance permettant la mise en œuvre de stations isolées utilisant à la fois les énergies solaire et éolienne. Ce projet de transfert vise à assurer la sommation optimisée des productions d'énergie électrique produites par un ensemble de générateurs hybrides (panneaux photovoltaïques et micro-éoliennes) et la charge efficace de batteries d'accumulateurs, au moyen d'un dispositif électronique modulaire. Un tel dispositif hybride d'électronique de puissance n'existe actuellement ni sur le marché français, ni sur le marché mondial pour des installations isolées exploitant simultanément plusieurs types d'énergies renouvelables. A la suite de l'expertise Jessica, une étude de ce système a été réalisée dans le cadre d'un projet PTR du réseau Action.

Perspectives La solution de l'étude du projet PTR sera implémentée pour fabriquer des modules d'électronique de puissance spécialisés pour ce genre d'applications. Les résultats de ce projet donneront lieu si possible au dépôt de brevets.

D'autre part, nous sommes en contact suivi depuis plusieurs mois avec la société Elyo et les compagnies d'électricité de Nouvelle Calédonie (EEC, filiale d'Elyo), de Guadeloupe et de Corse (EDF-SEI), pour la définition d'un projet sur l'intégration de l'énergie éolienne dans les réseaux insulaires

de Corse, de Nouvelle Calédonie et de Guadeloupe. Il s'agit en particulier d'étudier les conditions de stabilité de ces réseaux, l'influence de nouveaux parcs éoliens sur cette stabilité, l'apport de la prédiction météorologique à court et moyen terme et l'apport de l'utilisation de systèmes de stockage inertiel pour améliorer cette stabilité et la tenue des éoliennes face aux fortes perturbations provenant de ces mêmes réseaux. Le projet nécessitera de nombreuses études in situ, que les compagnies d'électricité concernées ont déjà accepté de financer. L'Ademe devrait participer au financement du projet.

Le projet européen Microgrids, dans le cadre de l'action COOPENER du programme Energie Intelligente de la commission Transports et Energie devrait démarrer en décembre 2005. Coordonné par Robotiker (Pays Basque d'Espagne) et impliquant notamment des Ministères et collectivités territoriales sénégalaises, ce projet a pour but de promouvoir les microréseaux et les systèmes d'énergie renouvelables pour l'électrification de zones rurales dans les pays en voie de développement. Pour cela, des actions de formation (pour des acteurs industriels, universitaires et administratifs du Sénégal), de promotion (conférences) et de R&D (développement d'un Kit Microréseau facile à installer) seront menées. La plateforme d'étude hybride développée à l'ESTIA sera utilisée dans ce projet.

Enfin, un projet Aquitaine-Euskadi en partenariat avec le centre technique de Zamudio (à côté de Bilbao) de Robotiker vient de démarrer en automne 2005. L'objectif du projet est de valider expérimentalement des concepts innovants pour la conception des équipements électroniques nécessaires pour une intégration efficace des énergies renouvelables dans le réseau électrique.

3.1.3 Sensibilisation aux énergies renouvelables

Présentation Notre dernier champ d'intervention, de nature moins directement technologique, est néanmoins complémentaire des précédents. Il s'agit de sensibiliser le public à la maîtrise de la consommation d'énergie et au recours aux énergies renouvelables. Nos actions sont menées en concertation avec des industriels, des acteurs du monde de l'éducation et des associations locales.

Résultats Avec le soutien de l'ADEME, nous sommes en train d'installer un kit de sensibilisation qui permet aux élèves de l'ESTIA et aux usagers de ses bâtiments de connaître la puissance instantanée développée par les panneaux photovoltaïques et la petite éolienne qui y ont été installés, ainsi que la consommation électrique de ces mêmes bâtiments.

Perspectives Nous prévoyons de concevoir une exposition itinérante dans un bus (Ecobus), permettant de sensibiliser la population aux énergies re-

nouvelables et à la maîtrise de la consommation électrique, en collaboration avec la société Bertin Technologies et avec l'association des Jardiniers du Ciel d'Anglet.

Nous souhaitons aussi utiliser l'expérience du kit de sensibilisation en cours de déploiement à l'ESTIA pour concevoir des kits destinés à des publics plus larges, comme les établissements d'enseignement primaire ou secondaire, les bâtiments publics des collectivités territoriales, les musées et centres d'information écologiques, etc. Ce projet est encore en perspective, et se situe sur le moyen terme.

3.2 Systèmes opto et mécatroniques embarqués

Le travail décrit dans cette section est, ici encore, pluridisciplinaire : des compétences en vision et signal, en robotique, en automatique et en micro-électronique sont rassemblées pour développer des travaux en robotique, et plus particulièrement en mini-robotique mobile. Un bon exemple d'application de notre démarche est fourni par nos réalisations dans le domaine des mini-drones.

Une collaboration avec l'ONERA et l'ERM (Ecole Royale Militaire, Bruxelles) autour de la conception d'un mini-drone (robot volant autonome de petite taille) de type aile volante a fourni la première occasion d'intégrer plusieurs de nos préoccupations. Les éléments de conception aéronautique sont traités principalement par nos partenaires, et le LIPSI s'est chargé de la conception de l'électronique embarquée. Le projet impose des contraintes très fortes à la fois de miniaturisation au niveau de l'électronique et des capteurs embarqués, et de puissance de calcul et de traitement de l'information en terme de commande du système mais aussi de récupération de flux vidéo.

Ce projet, qui s'est développé à partir du début 2003, a déjà passé plusieurs étapes importantes. Après une phase de recherche bibliographique importante, nous avons conçu une méthodologie de développement des microcapteurs et des calculateurs embarqués, basée sur la simulation partielle du système et sur le test et l'intégration progressifs des éléments en cours de conception. L'architecture logicielle de ce simulateur a déjà été réalisée.

Parallèlement à ces développements, nous avons participé au concours universitaire Drones Miniatures organisé par la DGA et l'ONERA (janvier 2004 à septembre 2005), pour lequel nous avons développé une plate-forme originale à voilure tournante, appelée DAVE (Drone Autonome à Vision Embarquée). Les challenges d'un tel système portent sur la commande de la partie mécanique au moyen de l'intégration de capteurs adaptés et sur la partie vision intelligente, qui comprend notamment la reconnaissance et le suivi de cibles. Un environnement de simulation 3D a été développé afin de valider le modèle dynamique de comportement et une première version de la commande [Tut1]. La qualité technique du projet a été reconnue par la DGA qui a accordé une subvention pour sa réalisation.



FIG. 11 – Le drone DAVE et son simulateur

La suite à donner à ce projet très motivant, mais très gourmand en temps et en ressources financières, dépendra en partie des financements de la DGA pour réaliser un prototype volant capable de réaliser une mission intégrant la navigation automatique, aux instruments ou sur des points GPS. A plus long terme, nous souhaitons explorer la possibilité d'utiliser la méthodologie de la CII (conception inversée intégrée) décrite section 2.1 pour contribuer à l'optimisation de la mécanique du drone.

Ainsi, notre recherche se décline selon trois axes distincts : la conception de microsystemes, la commande robuste de mécanismes complexes et l'intégration de capteurs proprioceptifs et extéroceptifs pour la commande.

3.2.1 Microtechnologies et microsystemes

Cette partie concerne plus précisément la conception de microcapteurs autonomes sans fil. Bien au-delà des applications en robotique, on observe une multiplication des applications des capteurs, et d'ici quelques années, ils seront omniprésents dans notre vie quotidienne. Leur miniaturisation est une étape nécessaire, aussi bien que l'élimination de toute leur connectique, que ce soit pour leur alimentation ou pour la récupération des informations qu'ils mesurent.

Face à cet objectif, deux projets sont actuellement en cours au LIPSI : le premier concerne la conception d'un microcapteur électromécanique et de son électronique de commande et de traitement sur une puce de quelques millimètres carrés (thèse de O. Arrijuia) ; le second porte sur la conception d'un émetteur-récepteur radiofréquence adaptable à une grande diversité de microcapteurs (thèse de G. Terrasson).

Le travail sur la conception d'un microcapteur électromécanique est mené avec des chercheurs de l'IXL (en particulier C. Pellet) depuis 2003. Partant du constat qu'aucun outil n'était disponible pour modéliser et simuler les composants micromécaniques, la première partie de ce travail a porté sur

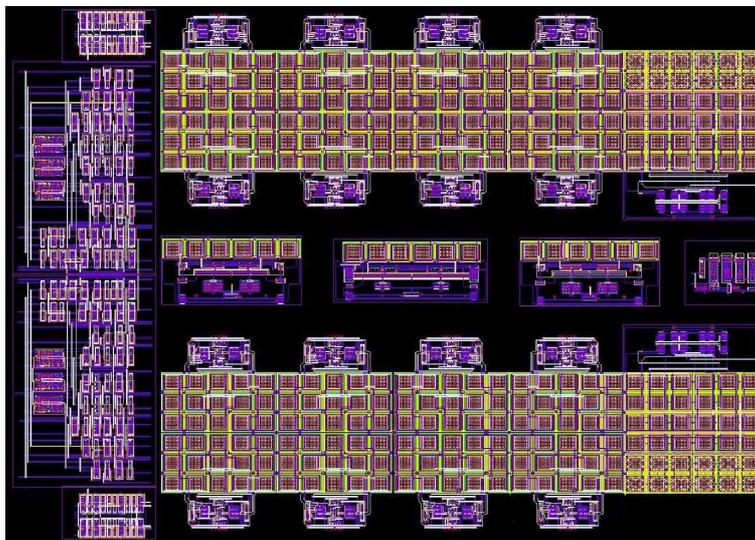


FIG. 12 – Vue CAO de l'électronique d'un accéléromètre

le développement d'un outil logiciel d'aide à la conception d'accéléromètres capacitifs, permettant d'appréhender rapidement les paramètres physiques pour un type d'accéléromètre et un procédé technologique donnés. La phase actuelle consiste en la fabrication de démonstrateurs afin de valider la cohérence de cet outil. Ainsi, différents accéléromètres capacitifs, optimisés pour des applications différentes (mesure de vibrations, de chocs, de petites accélérations, . . .), sont en cours de conception. Ces prototypes seront réalisés début 2006 (dans les salles blanches de l'ESIEE, Marne-la-Vallée, et du LAAS, Toulouse). Sans attendre cette réalisation, nous avons commencé à travailler sur la conception de l'électronique de commande du capteur dès 2004, à partir d'un stage de Master, puis en 2005 avec un nouveau stagiaire. L'envoi en fabrication est imminent et sera rapidement suivi d'une phase de tests, en utilisant dans un premier temps des capteurs existants.

En ce qui concerne le module de communication du microcapteur, notre travail a commencé début 2005, en collaboration avec l'équipe Micro et Nano Systèmes du TIMA (S. Basrour, Grenoble). Il s'agit de concevoir un émetteur-récepteur radiofréquence très faible consommation, spécialement adapté à des microcapteurs. L'équipe MNS du TIMA travaille sur la récupération d'énergie afin de concevoir des microcapteurs autonomes en énergie. La convergence de ces travaux avec ceux que nous développons au LIPSI devrait permettre à moyen terme de réaliser des microcapteurs autonomes sans fil. Notre premier objectif (à l'échelle de la thèse de G. Terrasson) est de démontrer la faisabilité d'un tel système et de concevoir un prototype démonstrateur d'un microcapteur sans fil.

Les perspectives ouvertes par cette activité sont variées. Il peut s'agir de l'implantation et de la mise en œuvre de capteurs dans un large éventail d'applications, mais on peut également aboutir à la conception de nouveaux capteurs adaptés à des performances ou des conditions de mesure particulières. Dans le premier cas de figure, nous allons développer un projet sur l'amélioration de la commande d'éoliennes à l'aide de microcapteurs, avec les spécialistes des énergies renouvelables au LIPSI et avec le soutien du Conseil Régional Aquitaine. Nous avons également commencé à travailler avec la société Rossignol pour utiliser des microcapteurs pour étudier le phénomène de glisse. Dans le second cas de figure, nous avons établi des contacts maintenant assez avancés avec la société Thalès pour concevoir et développer de nouveaux systèmes ou capteurs pour la navigation aéronautique.

3.2.2 Commande robuste et implantation temps réel

Ce thème commence tout juste à se mettre en place. Un projet en discussion avec la société Thalès pourrait débiter d'ici la fin 2005. Il porte sur le filtrage particulière comme outil de traitement de l'information, notamment pour le traitement de données issues de capteurs de positionnement. Une des problématiques de ce type de filtrage réside dans le fait qu'il est très difficile à implémenter dans un système temps réel.

3.2.3 Intégration de capteurs

Ce thème s'est mis en place en 2003, à partir de notre intervention dans un projet Aquitaine-Euskadi qui a permis de développer la première version d'un environnement logiciel d'intégration de caméra. Cet environnement a ensuite été repris et amélioré dans le cadre d'une collaboration avec l'entreprise Magys et avec le LIUPPA (F. Luthon). Il sert maintenant de base à un travail commun avec ces deux partenaires (thèse de T. Totozafiny, sous convention CIFRE), centré sur la compression d'images couleur pour transmission vidéo à très bas débit (et sur ses applications à la télésurveillance routière). Nous avons déjà développé un environnement logiciel complet et nous entamons l'étape suivante, la création d'un prototype matériel pour l'entreprise [C24].

La dimension *traitement d'images* du développement d'un mini drone évoqué ci-dessus, que nous avons développée rentre dans le cadre de cette section. Elle consiste en un système physique monté sur le drone et un logiciel développé pour la station au sol. Le système physique est constitué de deux caméras CCD montées sur des tourelles pan-tilt commandées par des servo-moteurs. Les signaux vidéos sont transmis à la station au sol par des émetteurs 2,4GHz. Le logiciel de la station au sol permet d'une part de déterminer la localisation en 3D d'un objet de la scène par stéréo vision et d'autre part de faire du suivi de cible par analyse d'images. Ce suivi permet

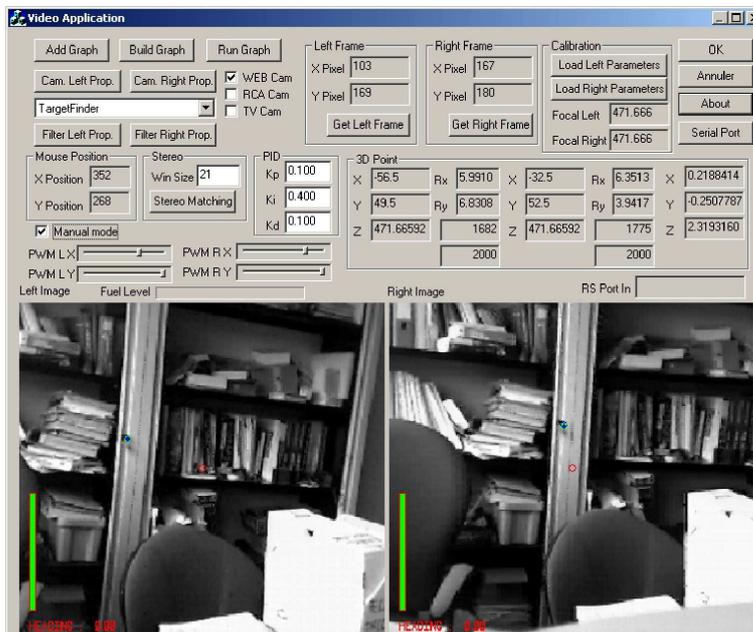


FIG. 13 – Interface homme-machine pour le traitement et l'analyse d'images pour DAVE

de mettre en œuvre une commande des tourelles directement dans l'espace capteur (visual servoing). Les consignes de l'asservissement en orientation des caméras sont exprimées directement dans l'image (par exemple : maintenir la cible suivie au centre de l'image). Les commandes pour le pilotage des actionneurs sont ensuite déduites des erreurs mesurées en pixel dans l'image.

Parmi nos perspectives les plus avancées, mentionnons un nouveau projet commun avec le LIUPPA, inspiré par le succès de notre travail avec la société Magys. Ce projet est sur le point de démarrer avec l'entreprise Algotech'Informatique (de nouveau sous la forme d'une thèse sous convention CIFRE). Il porte sur le filtrage adaptatif appliqué à la segmentation d'images issues de la numérisation de plans de câblage électrique, afin de permettre une analyse et une reconnaissance automatique du schéma et des symboles, et ultimement de vérifier les propriétés du schéma et d'en proposer l'amélioration.

Nous évoquerons enfin, intermédiaire entre projet accompli et perspective, un projet conjoint avec la société Robosoft initié fin 2002. L'objectif de ce projet est de développer d'un point de vue mécanique et électronique un robot mobile autonome, muni de capteurs proprioceptifs et extéroceptifs et d'une informatique temps-réel embarquée développée à partir de l'environnement SynDEX. La contribution spécifique du LIPSI concerne le développement de la commande de bas niveau des actionneurs après intégration

des cartes informatiques extrapolées du matériel industriel de Robosoft, et la conception et l'intégration des capteurs extéroceptifs (système de vision notamment) afin de mettre en œuvre des stratégies de cartographie de l'environnement et de navigation. La complexité des tâches de traitement de données à accomplir impose le choix d'une informatique distribuée, qui doit interagir avec une architecture matérielle hétérogène. Ce projet, qui a reçu le soutien du pôle EITICA (Conseil Régional), a pris un retard considérable après la disparition subite d'un de ses principaux porteurs au sein de la société Robosoft. Les travaux préliminaires menés pour ce projet en matière d'architecture logicielle ont commencé à être réutilisés dans le cadre d'un autre projet lié à Robosoft, qui concerne la mise en œuvre d'un robot 6-axes pour le prototypage rapide (projet soutenu par le Conseil Régional). D'autres travaux préliminaires concernant la vision embarquée peuvent se rattacher aussi aux projets décrits plus haut.

Les membres du LIPSI

Les effectifs du LIPSI sont, en novembre 2005, de 11 membres permanents, appuyés sur un directeur scientifique à temps partiel, 1 post-doctorant, 14 doctorants et 3 chercheurs invités.

Les 11 membres permanents sont salariés de la Chambre de Commerce et d'Industrie de Bayonne - Pays Basque : 10 sont titulaires d'un doctorat et qualifiés aux fonctions de maître de conférence (dont un MC détaché de l'enseignement supérieur); la onzième est ingénieure de recherche et développement.

De plus, le LIPSI accueille trois chercheurs invités, qui y passent, en moyenne, un jour par semaine et y mènent une activité de recherche. Avec les 14 doctorants et le post-doc, on arrive à un **effectif total de 29 membres** pour le laboratoire.

P. Weil (DR CNRS, membre du LaBRI, Bordeaux-1) dirige le LIPSI depuis septembre 2001, où il a pris la succession de Jean-Rodolphe Puiggali, professeur à l'Université Bordeaux-1 et directeur du TREFLE, qui a présidé à la fondation du laboratoire (1999) et a lancé son développement.

P. Weil n'est présent au LIPSI qu'à temps partiel; les autres membres du laboratoire ont également une fonction d'enseignement à l'ESTIA. Les titulaires d'un doctorat ont une charge de 200 heures d'équivalent-TD, et les doctorants ont une charge d'enseignement plus légère, de l'ordre de celle d'un moniteur.

Directeur : Pascal Weil, *DR CNRS*.

Responsable déléguée : Nadine Rouillon-Couture, *docteure en informatique* 1994 (LaBRI, Bordeaux), qualifiée MC en 27ème section; au LIPSI depuis janvier 1999.

Docteurs qualifiés

- Renaud Briand, *docteur en électronique* 2001 (IXL, Bordeaux), qualifié MC en 63ème section; au LIPSI depuis septembre 2002.
- Haritza Camblong, *docteur en automatique* 2003 (LEPT, Bordeaux, Mondragon et LIPSI), qualifié en 63ème section; au LIPSI depuis janvier 2001.
- Jean-Marc Cieutat, *docteur en informatique* 2003 (LaBRI, Bordeaux et LIPSI), qualifié MC en 27ème section; au LIPSI depuis décembre 1999.
- Xavier Fischer, *docteur en mécanique* 2000 (LEPT, Bordeaux et LIPSI), qualifié MC en 60ème section; au LIPSI depuis juin 1999.
- Pierre Joyot, *docteur en mécanique* 1994 (LGP, ENI Tarbes et LMP, Bordeaux), MC 60ème section, détaché à l'ESTIA; au LIPSI depuis janvier 1999 (comme chercheur invité de janvier à novembre 1999).

- Jérémy Legardeur, *docteur en mécanique* 2001 (3S, INP Grenoble), qualifié MC en 60ème section ; au LIPSI depuis septembre 2002.
- Christophe Merlo, *docteur en productique* 2003 (LAP, Bordeaux et LIPSI), qualifié MC en 61ème section ; au LIPSI depuis novembre 1999.
- Stéphanie Minel, *docteure en génie industriel* 2003 (CPI, Conception de Produits et Innovation, ENSAM Paris), qualifiée MC en 60ème section ; au LIPSI depuis février 2004.
- Olivier Patrouix, *docteur en robotique* 1994 (LIRMM, Montpellier), qualifié MC en 61ème section ; au LIPSI depuis novembre 2000.

Post-doctorants

- Octavian Curea, *docteur en génie électrique* 2001 (GREAH, Le Havre), qualifié MC en 63ème section ; au LIPSI depuis février 2004.

Doctorants

- Olivier Arrijuria, *Conception d'une centrale inertielle intégrée en technologie MEMS*, soutenance prévue en 2006-07 (IXL, Bordeaux et LIPSI) ; au LIPSI depuis septembre 2003.
- Philippe Etchart, *Conception et caractérisation de structures en multi-matériaux collés ; application à des éléments de machine outils en usinage à grande vitesse*, soutenance prévue en 2005-06 (LGM, Bordeaux et LIPSI ; convention CIFRE avec Ederena Concept) ; au LIPSI depuis octobre 2002.
- Ludovic Garreau, *Interacteurs tangibles pour l'assemblage en CAO*, soutenance prévue 2004-05 (LaBRI, Bordeaux et LIPSI) ; au LIPSI depuis septembre 2001.
- David Marin, *Intégration des éoliennes dans les réseaux insulaires du futur*, soutenance prévue 2007-08 (L2EP, Lille et LIPSI) ; au LIPSI depuis janvier 2005.
- Ricardo Mejía Gutiérrez, *Modélisation concourante en conception interactive*, soutenance prévue en 2007-08 (SEBE, Wolverhampton et LIPSI) ; au LIPSI depuis novembre 2004.
- Keny Ordaz Hernández, *Prototypage virtuel en conception interactive*, soutenance prévue en 2007-08 (IRCCyN, Nantes et LIPSI) ; au LIPSI depuis novembre 2004.
- Olivier Pialot, *Méthodes et outils pour les phases amont de projets d'innovation*, soutenance prévue en 2007-08 (GILCO, INPG et LIPSI) ; au LIPSI depuis octobre 2004.
- Guillaume Pol, *Les dispositifs de collaboration entre les acteurs dans les phases amont de la conception de produits innovants / Methods and tools to improve collaboration among actors in the early phases of design of innovative products*, soutenance prévue en 2006-07 (SIMS Dept, Technological University of Cranfield et LIPSI) ; au LIPSI depuis octobre 2003.

- Guillaume Rivière, *Interaction et visualisation en géo-sciences*, soutenance prévue en 2008-09 (LaBRI et LIPSI) ; au LIPSI depuis septembre 2005.
- Livier Serna Vazquez, *Représentation de solutions en conception interactive*, soutenance prévue en 2007-08 (IRCCyN, Nantes et LIPSI) ; au LIPSI depuis novembre 2004.
- Guillaume Terrasson, *Conception d'un émetteur-récepteur RF pour micro-capteur*, soutenance prévue en 2007-08 (TIMA, Grenoble, Ecole doctorale Bordeaux-1 et LIPSI) ; au LIPSI depuis février 2005.
- Jean Trunzler, *Modélisation numérique sans maillage en thermomécanique des grandes transformations*, soutenance prévue en 2005-06 (LMSP, ENSAM Paris et LIPSI) ; au LIPSI depuis septembre 2002.
- Théodore Totozafiny, *Compression d'images couleur pour application à la télésurveillance routière par transmission vidéo à très bas débit*, soutenance prévue en 2006-07 (LIUPPA, Bayonne et LIPSI ; convention CIFRE avec Magys) ; au LIPSI depuis janvier 2004.
- Ionel Vechiu, *Modélisation, analyse et optimisation de l'intégration de l'énergie éolienne dans des réseaux faibles et/ou autonomes*, soutenance prévue en 2005-06 (GREAH, Le Havre, Département d'Automatique, San Sebastian et LIPSI) ; au LIPSI depuis novembre 2002.

Ingénieur de recherche et développement

- Carmen Paz, ingénieure en informatique (Université du Pays Basque, Faculté d'informatique de San Sebastian).

Chercheurs invités

- Bruno Bluteau, agrégé de mécanique (1995) et docteur en automatique (1993, LAP, Bordeaux), est professeur de mécanique en classes préparatoires à Pau, invité au LIPSI depuis novembre 2002.
- Iñigo Martinez enseigne l'électronique industrielle à la Escuela Superior de Ingenieros de Bilbao, où il prépare une thèse de doctorat, invité au LIPSI depuis septembre 2002.
- Raphaël Michel est membre du CRT ESTIA-Innovation, il prépare une thèse sur les thèmes *Composants sur étagères et architectures logicielles complexes* au LIUPPA, Pau ; la soutenance est prévue en 2005 ; invité au LIPSI depuis septembre 2002.

Les fonctions de **secrétariat, comptabilité, logistique et réseaux, et maintenance** sont prises en charge par l'ESTIA, collectivement pour ses activités de recherche et d'enseignement.

Thèses en cours au LIPSI

Pour chacun des doctorants du LIPSI, nous indiquons le titre provisoire de la thèse, l'Université ou l'École et le laboratoire de rattachement, le(s) directeur(s) de la thèse, l'encadrant de proximité, la date prévue pour la soutenance, et la nature du financement.

- Jean Trunzler, *Modélisation numérique sans maillage en thermomécanique des grandes transformations*, ENSAM de Paris (LMSP), dirigée par Francisco Chinesta (LMSP) et co-encadrée par Pierre Joyot (LIPSI) ; soutenance prévue en 2004-05 ; financement par la Communauté d'agglomération Bayonne Anglet Biarritz.
- Ionel Vechiu, *Modélisation, analyse et optimisation de l'intégration de l'énergie éolienne dans des réseaux faibles et/ou autonomes*, Université du Havre (GREAH), dirigée par Brayima Dakyo (GREAH) et co-encadrée par Cristian Nichita (GREAH), Gerardo Tapia (San Sebastian) et Haritza Camblong (LIPSI) ; soutenance prévue en 2004-05 ; financement par la Communauté d'agglomération Bayonne Anglet Biarritz.
- Philippe Etchart, *Conception et caractérisation de structures en multi-matériaux collés ; application à des éléments de machine outils en usinage à grande vitesse*, Université Bordeaux-1 (LGM), dirigée par Michel Danis (LGM) et co-encadrée par Pierre Joyot (LIPSI) ; soutenance prévue en 2005-06 ; financement par une convention CIFRE auprès de la société Ederena.
- Olivier Arriuria, *Elaboration d'une centrale inertielle*, Université Bordeaux-1 (IXL), dirigée par Claude Pellet (IXL) et co-encadrée par Renaud Briand (LIPSI) ; soutenance prévue en 2005-06 ; financement par la Communauté d'agglomération Bayonne Anglet Biarritz.
- Guillaume Pol, *Les dispositifs de collaboration entre les acteurs dans les phases amont de la conception de produits innovants*, Technological University of Cranfield, dirigée par Graham Jared (Cranfield) et co-encadrée par Christophe Merlo (LIPSI) et J. Legardeur (LIPSI) ; soutenance prévue en 2005-06 ; financement par la Communauté d'agglomération Bayonne Anglet Biarritz.
- Théodore Totozafiny, *Compression d'images couleur pour application à la télésurveillance routière par transmission vidéo à très bas débit*, Université de Pau et Pays de l'Adour (LIUPPA), dirigée par Franck Luthon (LIUPPA) et co-encadrée par Olivier Patrouix (LIPSI) ; soutenance prévue en 2006-07 ; financement par une convention CIFRE auprès de la société Magys.
- Olivier Pialot, *Méthodes et outils pour les phases amont de projets d'innovation*, Institut National Polytechnique de Grenoble (GILCO), dirigée par Jean-François Boujut et co-encadrée par Jérémy Legardeur (LIPSI) ; soutenance prévue en 2006-07 ; financement par l'ESTIA.

- Ricardo Mejía Gutiérrez, *Modélisation concourante en conception interactive*, University of Wolverhampton (School of Engineering and the Built Environment), dirigée par Ahmed al-Ashaab (SEBE) et co-encadrée par Xavier Fischer (LIPSI) ; soutenance prévue en 2006-07 ; financement par la Communauté d'agglomération Bayonne Anglet Biarritz.
- Keny Ordaz Hernández, *Prototypage virtuel en conception interactive*, Ecole Centrale de Nantes (IRCCyN), dirigée par Fouad Bennis (IRCCyN) et co-encadrée par Xavier Fischer (LIPSI) ; soutenance prévue en 2006-07 ; financement par la Communauté d'agglomération Bayonne Anglet Biarritz.
- Livier Serna Vazquez, *Représentation de solutions en conception interactive*, Ecole Centrale de Nantes (IRCCyN), dirigée par Fouad Bennis (IRCCyN) et co-encadrée par Xavier Fischer (LIPSI) ; soutenance prévue en 2006-07 ; financement par la Communauté d'agglomération Bayonne Anglet Biarritz.
- Guillaume Terrasson, *Conception d'un émetteur-récepteur RF pour micro-capteur*, Université Bordeaux-1, dirigée par Skandar Basrour (TIMA, Grenoble) et co-encadrée par Renaud Briand (LIPSI) ; soutenance prévue en 2006-07 ; financement par l'ESTIA.
- David Marin, *Intégration des éoliennes dans les réseaux insulaires du futur*, Ecole Centrale Lille, dirigée par Xavier Guillaud (L2EP) et co-encadrée par Haritza Camblong (LIPSI) ; soutenance prévue en 2007-08 ; financement par une convention CIFRE en cours de négociation.
- Guillaume Rivière, *Interaction et visualisation en géo-sciences*, Université Bordeaux-1, dirigée par Maylis Delest (LaBRI) et co-encadrée par Nadine Rouillon-Couture (LIPSI) ; soutenance prévue en 2007-08 ; financement par une allocation MESR.

Thèses soutenues au LIPSI

- Ludovic Garreau, *Elaboration d'une interface tangible pour l'assemblage en CAO*, Université Bordeaux-1 (LaBRI), dirigée par Pascal Guitton (LaBRI) et co-encadrée par Nadine Rouillon-Couture (LIPSI) ; financement par la Communauté d'agglomération Bayonne Anglet Biarritz.

Soutenue à l'ESTIA le 12 septembre 2005 devant un jury composé de Pascal Weil (LaBRI et LIPSI, président), Dominique Bechmann (LSIIT, Strasbourg, rapporteure), Sabine Coquillard (INRIA, Grenoble, rapporteure), Pascal Guitton (LaBRI, Bordeaux), Jean-Claude Léon (L3S, INPG), Nadine Rouillon-Couture (LIPSI).

- Raphaëlle Doré, *Intégration des sensations utilisateur en conception préliminaire – applications au ski et au virage de base*, ENSAM de Bordeaux (LEPT-TREFLE), dirigée par Jean-Pierre Nadeau (TREFLE) et co-encadrée par Xavier Fischer (LIPSI) et Jérôme Pailhès (TREFLE) ; financement par la Communauté d'agglomération Bayonne Anglet Biarritz.

Soutenue à l'ESTIA le 10 décembre 2004 devant un jury composé de Maurice Pillet (Université de Savoie, président), Catherine Dacremont (ENSBANA, Nancy, rapporteur), Jean-François Petiot (Ecole Centrale, Nantes, rapporteur), Xavier Fischer (ESTIA), Jean-Pierre Nadeau (ENSAM, Bordeaux), Jérôme Pailhès (ENSAM).

- Yoann Vernat, *Formalisation et qualification de modèles par contraintes en conception préliminaire*, ENSAM (LEPT-TREFLE), co-encadrée par Jean-Pierre Nadeau (TREFLE) et Patrick Sébastien (TREFLE), co-encadrée par Xavier Fischer (LIPSI) ; financement par le projet RNTL CO2.

Soutenue à l'ENSAM (Talence) le 18 novembre 2004 devant un jury composé de Daniel Coutellier (ENSIAME, Valenciennes, président), Michel Aldanondo (Ecole des Mines d'Albi, rapporteur), Jean-Bernard Saulnier (ENSMA, Poitiers, rapporteur), Xavier Fischer (ESTIA), Jean-Pierre Nadeau (ENSAM, Bordeaux), Patrick Sébastien (Bordeaux-1), Laurent Zimmer (Dassault Aviation).

- Fabien Legrand, *Modélisation de circuits électrotechniques en vue de leur simulation - réalisation d'un simulateur*, Université Bordeaux-1 (IXL), dirigée par Hervé Lévi (IXL) et co-encadrée par Nadine Rouillon-Couture (LIPSI) ; financement par la Communauté d'agglomération Bayonne Anglet Biarritz.

Soutenue à l'ESTIA le 29 janvier 2004 devant un jury composé de André Touboul (Bordeaux-1, président), Jacques Boucher (INP, rapporteur), Jean-Jacques Charlot (ENST, Paris, rapporteur), Maylis Delest (Bordeaux-1), Hervé Lévi (ENSEIRB, Bordeaux), Nadine Rouillon-Couture (ESTIA).

- Haritza Camblong, *Minimisation de l'impact des perturbations d'origine éolienne dans la production d'électricité par des aérogénérateurs à vitesse variable*, ENSAM de Bordeaux (LEPT) et École Polytechnique de

Mondragón (Département d'Electronique), dirigée par Jean-Rodolphe Puiggali (Bordeaux-1) et Miguel Rodriguez (Mondragón); co-financement par l'ESTIA et la Communauté d'agglomération Bayonne Anglet Biarritz.

Soutenue à l'Université de Mondragón le 18 décembre 2003 devant un jury composé de Xavier Guillaud (Ecole Centrale, Lille, président), Arantxa Tapia Otaegui (UPV, Saint Sébastien, rapporteur), Michel Courdresses (Toulouse, rapporteur), Jose-Luis Rodriguez Amenedo (Carlos III, Madrid), Jean-Rodolphe Puiggali (Bordeaux-1) et Miguel Rodriguez Vidal (MGEP, Mondragón).

- Jean-Marc Cieutat, *Modélisation physiquement réaliste de session de simulation d'entraînement maritime*, Université Bordeaux-1 (LaBRI), dirigée par Pascal Guitton (LaBRI); financement par l'ESTIA et le FONGECIF.

Soutenue à l'ESTIA le 17 décembre 2003 devant un jury composé de Christophe Schlick (Bordeaux-1, président), Fabrice Neyret (CNRS, Grenoble, rapporteur), Bruno Arnaldi (INSA Rennes, rapporteur), Nadine Rouillon-Couture (ESTIA), Michel Nakhle (Compagnie des Signaux) et Pascal Guitton (Bordeaux-1).

- Christophe Merlo, *Modélisation des connaissances en conduite de l'ingénierie : mise en œuvre d'un environnement d'assistance aux acteurs*, Université Bordeaux-1 (LAP), dirigée par Guy Doumeingts et Philippe Girard (LAP); financement par l'ESTIA et le FONGECIF.

Soutenue à l'ESTIA le 5 décembre 2003 devant un jury composé de Michel Tollenaere (ENSGI Grenoble, président, rapporteur), Michel Gourgand (Clermont Ferrand, rapporteur), Claude Houellebecq (Renault-Guyancourt), Mikel Sorli (Labein, Bilbao), Guy Doumeingts (Bordeaux-1) et Philippe Girard (Bordeaux-1).

- Xavier Fischer, *Stratégie de conduite du calcul pour l'aide à la décision en conception mécanique intégrée ; application aux appareils à pression*, ENSAM (LEPT), dirigée par Jean-Pierre Nadeau (LEPT); financement Chambre de Commerce et d'Industrie de Bayonne Pays Basque.

Soutenue à l'ESTIA le 15 décembre 2000 devant un jury composé de Jean-Louis Billoet (CNED, LMS ENSAM, président), Patrick Chedmail (Ecole Centrale Nantes, rapporteur), Michel Tollenaere (ENSGI Grenoble, rapporteur), Djamila Sam-Haroud (EPF Lausanne), Pierre Joyot (ESTIA), Jean-Pierre Nadeau (ENSAM Bordeaux) et Patrick Sébastien (Bordeaux-1).

Anciens membres

Devenir des docteurs

- 2005 - Ludovic Garreau. Thèse soutenue en septembre 2005, *Elaboration d'une interface tangible pour l'assemblage en CAO* (LaBRI, Bordeaux et LIPSI). Contractuel au LIPSI.
- 2004 - Raphaëlle Doré. Thèse soutenue en décembre 2004, *Modèle ontologique et mécanique en Conception Inversée Intégrée de produits de sports de glisse à base de matériaux composites* (TREFLE, Bordeaux et LIPSI). Contractuelle au LIPSI de janvier à août 2005. En recherche d'emploi.
- 2004 - Yoann Vernat. Thèse soutenue en décembre 2004, *Formalisation par contraintes en Conception Inversée Intégrée ; application aux problèmes aéronautiques* (TREFLE, Bordeaux et LIPSI). Aujourd'hui chef de projet, Altran, Région Parisienne.
- 2004 - Fabien Legrand. Thèse soutenue en janvier 2004, *Modélisation de circuits électrotechniques en vue de leur simulation - réalisation d'un simulateur*, thèse soutenue en janvier 2004 (IXL, Bordeaux et LIPSI). Aujourd'hui ingénieur de recherche à AlgoTech Informatique, Bidart.
- 2000-03 - Les premiers docteurs du LIPSI ont continué à exercer les fonctions d'enseignement et de recherche à l'ESTIA qu'ils assuraient pendant la préparation de leurs thèses. Il s'agit de Xavier Fischer (2000), Christophe Merlo (2003), Jean-Marc Cieutat (2003) et Haritza Camblong (2003).

Autres anciens membres

- 2005 - Patrick Reuter, *docteur en informatique* 2003 (LaBRI, Bordeaux), qualifié MC en 27ème section ; post-doc au LIPSI d'octobre 2004 à août 2005. Maître de conférences à Bordeaux-2.
- 2005 - Salma El Aïmani, *docteure en génie électrique* 2004 (L2EP, Lille), qualifiée MC en 63ème section ; post-doc au LIPSI de janvier à août 2005. Aujourd'hui ATER à l'ENS Cachan, département EEA, laboratoire SATIE.
- 2004 - Fabrice Depaulis, *docteur en informatique* 2002 (LISI, Poitiers), qualifié MC en 27ème section ; post-doc au LIPSI de janvier à décembre 2004. Chef de projet à l'ANTIC (2004-05), puis ingénieur en recherche et conception d'applications, Softeam, Rennes.
- 2004 - Cédric Martinez. A abandonné ses fonctions d'ingénieur de recherche pour créer sa propre entreprise.
- 2004 - Aurélien Odinot. A abandonné après 9 mois sa thèse sous convention CIFRE avec le LASMIS (Troyes), le LIPSI et le CRT ESTIA-Innovation, pour raisons familiales.
- 2001 - Jean-Yves Péré. A dû interrompre sa thèse après une année, *Conception et prototypage d'un simulateur de circuit générique à partir du schéma*

de principe du circuit (type de circuit envisagés électriques, hydrauliques et pneumatiques), sous convention CIFRE avec le LaBRI (Bordeaux), le LIPSI et la société AlgoTech Informatique, du fait des difficultés financières de l'entreprise.

Publications du LIPSI, vision novembre 2005

Le tableau ci-dessous fait apparaître l'évolution du nombre et du type de publications produites par le laboratoire sur la période la plus récente.

	2002-05 (4 ans)	2004-05 (2 ans)
Chapitres d'ouvrages et revues internationales avec comité de lecture	11	9
Chapitres d'ouvrages et revues nationales avec comité de lecture	9	5
Conférences internationales avec comité de lecture et actes	76	48
Conférences nationales avec comité de lecture et actes	17	6
Edition de volumes	3	2
Thèses et mémoires	8	5
Communications à des colloques, sans actes ou sans comité de lecture	6	3
Articles de vulgarisation	2	2
Présentation à des séminaires hors ESTIA	9	3
Rapports techniques	7	5

Chapitres d'ouvrages et revues internationales, avec comité de lecture

- [A1] J. Legardeur, Ch. Merlo, X. Fischer. An Integrated Information System for Product Design Assistance based on Artificial Intelligence and Collaborative Tools, *International Journal of Product Lifecycle Management* (special issue on *Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems to Product Lifecycle Management*), à paraître.
- [A2] P. Girard, J. Legardeur, Ch. Merlo. Control of Collaborative Design in Concurrent Engineering, *International Journal of Technology Management and Sustainable Development*, à paraître.
- [A3] H. Camblong, G. Tapia, M. Rodríguez. Robust digital control of a wind turbine for rated-speed and variable-power operation regime, *IEE Proceedings Control Theory & Applications* (2005), à paraître.
- [A4] Ch. Merlo, B. Eynard, P. Girard, A. Odinet, T. Gallet. Comparative study of specifications for implementing PDM systems, *International Journal of Product Lifecycle Management* **1-1** (2005) 52-69. ISBN 1743-5110.
- [A5] P. Joyot, J. Trunzler, F. Chinesta. RKPA with discontinuous derivatives, in *Meshfree Methods for Partial Differential Equations II* (éds. M. Griebel, M.A. Schweitzer) 93-108, Lecture Notes in Computational Science and Engineering **43**, Springer, 2005. ISBN : 3-540-23026-2
- [A6] Ch. Merlo, Ph. Girard. Information System Modelling for Engineering Design Co-ordination, *Computers in Industry* **55** (2004) 317-334.
- [A7] J. Legardeur, J.-F. Boujut, H. Tiger. Entrepreneurship and the design process : the paradox of innovation in a routine design process, in *Innovation, Entrepreneurship and Culture*, (éds. J.M. Ulijn, T.B. Brown), Edward Elgar Publishing, UK and USA, 147-161 (2004). ISBN 1-84376-346-X
- [A8] J. Legardeur, Ch. Merlo, I. Franchistéguy, C. Bareigts. Empirical Studies in Engineering Design and Health Institutions, in *Methods and Tools for Co-operative and Integrated Design*, (éds. S. Tichkiewitch, D. Brissaud), Kluwer, 385-396 (2004). ISBN 1-4020-1889-4.
- [A9] H. Camblong, M. Rodriguez Vidal, J.R. Puiggali. Principals of a Simulation Model for a Variable Speed Pitch Regulated Wind Turbine, *Wind Engineering* **28** (2004) 157-175.
- [A10] J. Legardeur, J.F. Boujut, H. Tiger. ID² : A new tool to foster innovation during the early phases of design projects, *Concurrent Engineering : Research and Applications Journal* **11** (2003), 235-244. ISSN 1063 293X.
- [A11] X. Fischer, J.-P. Nadeau, P. Sébastien, P. Joyot. Decision support in integrated mechanical design through qualitative constraints, in *Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering* (éds. P. Chedmail, G. Cognet, C. Fortin, C. Mascle, J. Pegna), Kluwer (2002), 35-42. ISBN 1-4020-0979-8.

Chapitres d'ouvrages et revues nationales, avec comité de lecture

- [B1] Ch. Merlo, L. Roucoules, A. Odinet, L. Girouard, R. Michel. Personnalisation des typologies d'objets pour la décomposition produit au sein des outils PLM, *Revue RCFAO*, à paraître.
- [B2] L. Garreau, J. Legardeur, N. Couture. Une plateforme basée sur les interfaces tangibles pour l'assemblage en CFAO, *Revue d'ingénierie numérique (conception collaborative et simulation)* **1** (2005).
- [B3] Ch. Merlo, Ph. Girard, Modélisation des connaissances pour la conduite de la conception de produits, in *Traité IC2, Gestion dynamique des connaissances industrielles* (éds. B. Eynard, M. Lombard, N. Matta, J. Renaud), Editions Hermès-Lavoisier, 279-297 (2004). ISBN 2-7462-0952-7.
- [B4] J. Legardeur, Ch. Merlo, Ph. Girard. Un modèle de pilotage pour favoriser la collaboration lors des processus de conception, *Revue Française de Gestion Industrielle* **23** 33-44 (2004). ISSN 0242-9780
- [B5] J. Legardeur, Ch. Merlo, G. Pol. Instrumenter l'informel dans les phases amont des projets de conception innovante, *Revue Document numérique* **8** Coopération et organisation numériques, (éds. B. Eynard, N. Matta), Editions Hermès-Lavoisier, 51-65, (2004) ISBN 2-7462-0896-2
- [B6] J. Legardeur. Modélisation d'observation des pratiques de terrain, de leur diffusion et de leur transfert, *Revue Cognitive-Cognitics* **7** (2003) 51-62 (Institut de Cognitive, Université Bordeaux 2). ISSN 1282-7150
- [B7] I. Franchisteguy, J. Legardeur, Ch. Merlo. Combiner gestion des connaissances et gestion de projets innovants, *Revue Cognitive-Cognitics* **6** (2003) 13-22 (Institut de Cognitive, Université Bordeaux 2). ISSN 1282-7150
- [B8] Ch. Merlo, Ph. Girard. Coordination en ingénierie de la conception : mise en oeuvre d'un système multi-agents, in *Cognitive* (éds. Ph. Aniorté, S. Gouardères), Cepadues-Editions (2003), 161-173. ISBN 2-85428-612-2
- [B9] X. Fischer, J.-P. Nadeau, P. Sébastien, P. Joyot. Conception Inversée Intégrée : prédimensionnement de produits par satisfaction de contraintes ; Inverted Integrated Design : constraint satisfaction for design support system, *Mécanique et Industries* **3** (2002) 593-605.

Conférences internationales, avec comité de lecture et actes

- [C1] Ch. Merlo, J. Legardeur, X. Fischer. Collaborative Tools into Design Process, in *International Conference Virtual Concept 2005* (D. Coutellier, X. Fischer, éds.), CDROM, 2005.
- [C2] K. Ordaz, X. Fischer, F. Bennis. Towards a Modelling Methodology for Virtual Prototyping in Interactive Design, in *International Conference Virtual Concept 2005* (D. Coutellier, X. Fischer, éds.), CDROM, 2005.

- [C3] P. Sébastian, J.-P. Nadeau, X. Fischer, R. Chenouard. Knowledge Modelling in Mechanical Embodiment Design for Real Time Simulation and Decision Support, in *International Conference Virtual Concept 2005* (D. Coutellier, X. Fischer, eds.), CDROM, 2005.
- [C4] X. Fischer, Characteristics, Development and Use of Models in Interactive Design, in *International Conference Virtual Concept 2005* (D. Coutellier, X. Fischer, eds.), CDROM, 2005.
- [C5] R. Doré, J. Pailhès, X. Fischer, J.P. Nadeau. Integration of User Requirements into Preliminary Design - Application to the Parabolic Ski in a basic turn, in *International Conference PLM'05*, Grenoble, 2005, pp. 401-410. ISBN 0-907776-18-3
- [C6] Y. Vernat, J.-P. Nadeau, P. Sébastian, X. Fischer. Démarche de formalisation de modèles adaptés à la conception préliminaire, in *Congrès Franco-Québécois de Génie Industriel*, Besancon, 2005.
- [C7] R. Mejía, L. Canché, R. Rosas, R. Camacho, M. Ocampo, A. Molina. Action Research as the basis to implement Enterprise Integration Engineering and Business Process Management, in *EI2N'2005 Workshop, Interoperability of Enterprise Software and Applications* (H. Panetto ed.), Hermes Science Publisher, London, pp. 19 - 30, 2005, ISBN 1-905209-49-5.
- [C8] R. Mejía, A. Molina, G. Augenbroe. Collaborative planning of a manufacturing design project through a novel e-engineering hub, in *Proc. 16th IFAC World Congress* (P. Horacek, M. Simandl, P. Zitek eds.), Cd-Rom, Prague, 2005.
- [C9] J. Legardeur, O. Pialot, S. Minel. Une caractérisation des phases informelles en amont des projets d'innovation, in *Proc. 4th International Conference : Integrated Design and Production, (CPI'2005)*, Casablanca, Cd-Rom, 2005
- [C10] J. Legardeur, X. Fischer, Y. Vernat, O. Pialot. Supporting Early Design Phases by structuring innovative ideas : an integrated approach proposal, in *15th International Conference on Engineering Design (ICED 05)*, Melbourne, 2005.
- [C11] T. Boubekur, P. Reuter, Ch. Schlick. Visualization of Point-Based Surfaces with Locally Reconstructed Subdivision Surfaces, in *Proc. Shape Modeling International 2005*.
- [C12] T. Boubekur, P. Reuter, Ch. Schlick. Scalar Tagged PN Triangles, in *Proc. Eurographics 2005* (Short Paper).
- [C13] P. Reuter, P. Joyot, J. Trunzler, T. Boubekur, Ch. Schlick. Surface Reconstruction with Enriched Reproducing Kernel Particle Approximation, in *Eurographics Symposium on Point-Based Graphics*, 2005.
- [C14] J. Trunzler, P. Joyot, F. Chinesta, P. Reuter. Enriched Reproducing Kernel Particle Approximation for Simulating Problems Involving Moving

Interfaces : Application to Solidification Problems, in *8th International ESA-FORM Conference on Material Forming*, pp. 97-100, Romanian Academy, 2005. ISBN 973 27 1174 4.

[C15] P. Joyot, J. Trunzler, F. Chinesta. Point collocation methods using reproducing kernel approximation for the solution of the Stokes equations, in (V.M.A. Leitão, C.J.S. Alves, C.A. Duarte, eds) *Proceedings of the EC-COMAS Thematic Conference on Meshless Methods*, pp. D21.1-D21.6. Departamento de Matematica, Instituto Superior Tecnico, Lisboa, 2005.

[C16] B. Dakyo, H. Camblong, C. Nichita, G. Tapia, I. Vechiu, M. El Mokadem. Modelling and control of single VSI leading experimental Hybrid power system integrating a Wind Turbine Simulator, in *IECON 2005*, Raleigh, North Carolina (novembre 2005).

[C17] I. Vechiu, H. Camblong, G. Tapia, B. Dakyo, O. Curea. Performance analysis of four-leg VSC under unbalanced load conditions for HPS application, in *PELINCEC 2005*, Varsovie (octobre 2005).

[C18] O. Curea, I. Vechiu, H. Camblong, B. Dakyo. Implementation of a DSP Controlled Four-Leg Voltage Source Inverter for a Hybrid Power System, in *PELINCEC 2005*, Varsovie (octobre 2005).

[C19] O. Bennouna, N. Héraud, H. Camblong, M. Rodriguez. Diagnostic of the Doubly Fed Induction Generator of a Wind Turbine, in *1st Workshop on Networked Control System and Fault Tolerant Control*, Ajaccio (octobre 2005).

[C20] I. Vechiu, H. Camblong, G. Tapia, B. Dakyo, O. Curea. Modelling and Control of Four-Wire Voltage Source Inverter Under Unbalanced Voltage Condition for Hybrid Power System Applications, in *EPE 2005*, Dresde (septembre 2005). Cd-Rom.

[C21] O. Curea, I. Vechiu, D. Marin, H. Camblong, B. Dakyo. Small-Scale Test Bench of a Hybrid Power System, in *EPE 2005*, Dresde (septembre 2005). Cd-Rom.

[C22] S. El Aimani, B. François, B. Robyns, E. Dejaeger. Dynamic Behaviour of Two Stator Flux Control Systems of a Doubly Fed Induction Generator Based Grid-Connected Wind Turbine During Voltage Dips, in *CIREN 2005*, Turin (2005).

[C23] H. Camblong, X. Guillaud, V. Rogez. Comparison of two distincts approaches for wind turbines control design, in 7th IASTED International Conference on Control and Applications (CA 2005), Cancun (2005). Cd-Rom. ISBN : 0-88986-502-7, ISSN : 1025-8973.

[C24] T. Totozafiny, O. Patrouix, F. Luthon, J.-M. Coutellier. Motion Reference Image JPEG2000 : Road surveillance Application with wireless device, in *Visual Communications and Image Processing (VCIP'05)*, vol. [5960-195], Beijing, 2005.

- [C25] G. Pol, G. Jared, Ch. Merlo, J. Legardeur. Prerequisites for the implementation of a product data and process management tool in SME, in *International Conference on Engineering Design (ICED 05)*, Melbourne, Australia, éd. Design Society (2005).
- [C26] B. Eynard, Ch. Merlo, G. Pol. Towards PLM implementation method in SME, in *International Conference on Engineering Design (ICED 05)*, Melbourne, Australia, éd. Design Society (2005).
- [C27] Ch. Merlo, G. Pol, G. Jared, J. Legardeur, P. Girard. Controlling collaboration for Engineering Design Coordination, in *17th IMACS World Congress : Scientific Computation, Applied Mathematics and Simulation*, Paris, France (2005). Cd-rom, abstracts ISBN 2-915913-04-8
- [C28] G. Pol, Ch. Merlo, G. Jared, J. Legardeur. From PDM systems to integrated project management system : a case study, in *International Conference on Product Lifecycle Management (PLM'05)* (éds A. Bouras, B. Gurumoorthy, R. Sudarsan) Interscience, 451-460, (2005). ISBN 0-907776-18-3
- [C29] I. Lopez-Juarez, K. Ordaz-Hernández, M. Peña Cabrera, J. Corona-Castuera, et R. Rios-Cabrera. On the design of a multimodal cognitive architecture for perceptual learning in industrial robots, in *Procs. Fourth Mexican International Conference on Artificial Intelligence (MICAI 2005 : Advances in Artificial Intelligence)*, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Springer (à paraître).
- [C30] L. Garreau, J. Legardeur, N. Couture. SKUA : une plateforme basée sur des interacteurs pour l'assemblage mécanique en CAO, in *Proc. CPI'05*, 2005, Casablanca, Cd-Rom.
- [C31] N. Couture, F. Depaulis, L. Garreau, J. Legardeur. SKUA : a platform based on Tangible User Interfaces dedicated to mechanical CAD parts assembly, in *Proc. Virtual Concept 2005*, Springer, à paraître.
- [C32] N. Couture, F. Depaulis, L. Garreau, J. Legardeur. A video tracking solution for any props in TUI design, *Proc. Virtual Concept 2005*, 2005, Biarritz, à paraître.
- [C33] F. Depaulis, N. Couture, L. Garreau, J. Legardeur. A reusable methodology based on filters in order to define relevant tangible parts for a TUI, in *Proc. Electronic Imaging Science and Technology, Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems XII*, part of *EI 2005* (éds. A.J. Woods, J.O. Merrit, M.T. Bolas, I.E. McDowall,), SPIE vol. **5664**, p. 530-539, San Jose, CA (2005).
- [C34] F. Legrand, N. Couture, H. Lévi, J.-J. Charlot. VHDL-AMS Modeling and Library Building for Power Electrical Engineering, in *Proc. of the 8th IEEE International Workshop on Advanced Motion Control* (éds. K. Ohnishi, K. Jezernik), IEEE Catalog, 111-116 (2005). ISBN 0-7803-8300-1

- [C35] P. Joyot, J. Trunzler, F. Chinesta. Discontinuous derivative enrichment in reproducing kernel particle approximations (RKPA), in *7th International ESAFORM Conference on Material Forming* (éd. S. Stören) 69-72, Norwegian University of Science and Technology (2004). ISBN 82-92499-02-04
- [C36] X. Fischer, P. Sébastian, L. Zimmer. A constraint Based Approach for Design Support System, in *Design Computing and Cognition 2004 (DCC 04)*, éd. J. Gero), Boston (2004). Cd-Rom.
- [C37] X. Fischer, P. Sébastian, J.-P. Nadeau, L. Zimmer. Constraint Based Approach Combined with Metamodelling Techniques to Support Embodiment Design, in *SCI 2004* (éd. J. Callaos), Orlando (2004). Cd-Rom.
- [C38] Y. Vernat, X. Fischer, J.-P. Nadeau, P. Sébastian. Strategy for Model Formalization in Preliminary Design, *SCI 2004* (éd. J. Callaos), Orlando (2004). Cd-Rom.
- [C39] O. Curea, I. Vechiu, H. Camblong. Design of a Test Bench for the Analysis of a Hybrid Power System, in *EWEC 2004*, Londres (2004). Cd-Rom.
- [C40] I. Vechiu, H. Camblong, G. Tapia, B. Dakyo, C. Nichita. Dynamic Simulation Model of a Hybrid Power System : Performance Analysis, in *EWEC 2004*, Londres (2004). Cd-Rom.
- [C41] H. Camblong, I. Martinez de Alegría, M. Rodriguez, G. Abad. Experimental Trials of Different Maximum Power Tracking Control Strategies of a Variable Speed Wind Turbine, in *EPE & PEMC 2004*, Riga (2004). Cd-Rom.
- [C42] Ch. Merlo, R. Michel, Ph. Girard, P. Nowak, L. Roucoules, Implementation of an Integrated Organisation and Process Tool for Engineering Design Co-ordination, in *eAdoption and the Knowledge Economy : Issues, Applications, Case Studies* (e-Challenges 2004) (éds. P. Cunningham, M. Cunningham), IOS Press, Vienne (2004). ISBN 1 58603 470 7, ISSN 1574-1230
- [C43] J. Legardeur, S. Minel, Ch. Merlo, G. Pol. What are Early Informal Design Phases?, in *Proceedings of the workshop Cooperation for Innovation during Early Informal Design Phases* (éds. J. Legardeur, Ch. Merlo), 6th International Conference on the Design of Cooperative System, 119-122, Côte d'Azur (2004).
- [C44] Ch. Merlo, J. Legardeur. Collaborative tools for innovation support in early product design phases : a case study, in *Proceedings of the 8th International Design Conference* (Design 2004), 787-792 (éd. D. Marjanovic), Dubrovnik (2004). ISBN 953-6313-61-8
- [C45] J. Legardeur, Ch. Merlo, G. Pol. On the use of annotation functionality in PDM tools to foster collaborative design processes, in *5th Inter-*

- national Conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering* (IDMME 2004), Bath (2004). Cd-Rom. ISBN 1-85790-129-0
- [C46] X. Fischer, Ch. Merlo, J. Legardeur, L. Zimmer, A. Anglada. Knowledge Management and Support Environment in Early Phases of Design Process, *ASME 24th CIE*, Salt Lake City (2004), ASME Publishing. Cd-Rom.
- [C47] Ch. Merlo, X. Fischer, J. Legardeur, L. Zimmer, A. Anglada. To Combine Information System and Artificial Intelligence Tools for Product Design Assistance, *International Conference on Computing, Communication and Control Technologies* (CCCT 2004, éd. M.J. Savoie), Austin (2004). Cd-Rom. (Selected as *Best Paper* of its session)
- [C48] J. Legardeur, L. Garreau, N. Couture. Experiments to evolve toward a tangible user interface for CAD parts assembly, in *Proc. Electronic Imaging Science and Technology, Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems XI*, part of *EI 2004* (éds. A.J. Woods, J.O. Merrit, S.A. Benton, M.T. Bolas), SPIE vol. **5291** 438-445, San Jose, CA (2004).
- [C49] I. Martinez de Alegría, H. Camblong, P. Ibañez, J.-L. Villate, J. Andreu. Vector control and direct power control performance in doubly-fed induction generator for variable-speed wind turbine, in *European Wind Energy Conference Proceedings*, Madrid (2003), Cd-ROM.
- [C50] M. Rodriguez, G. Abad, H. Camblong. Experimental evaluation of high level control strategies in a variable speed wind turbine, in *EPE'03*, Toulouse (2003), Cd-ROM.
- [C51] P. Joyot, J. Trunzler. Discontinuous derivative enrichment in RKPM meshless methods, in *the 6th International ESAFORM Conference on Material Forming*, Università di Salerno (2003), Nuova Ipsa Editore, 651-654, ISBN 88-7676-211-6,
- [C52] X. Fischer, R. Doré, O. Patrouix, J. Pailhès, J.-P. Nadeau. Perception and feeling for integrated design through virtual reality, in *Virtual Concept 2003* (éd. X. Fischer, ESTIA) (2003), 238-241. ISBN2-9514772-3-6
- [C53] X. Fischer, O. Patrouix. From classical numerical simulation to virtual reality use in *Virtual Concept 2003* (éd. X. Fischer, ESTIA) (2003), 172-178. ISBN2-9514772-3-6
- [C54] L. Garreau, N. Couture. Study of Tangible User Interface for handling tridimensionnal objects, in *Workshop on Real World User Interfaces, in Fifth International Symposium on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services Physical Interaction (PI03)* 64-68 (2003), Udine.
- [C55] J.-M. Cieutat, J.-Ch. Gonzato, P. Guitton. A general ocean waves model for ship design, in *Virtual Concept 2003* (éd. X. Fischer, ESTIA) 187-194, Biarritz (2003). ISBN 2-9514772-3-6
- [C56] Merlo C., Towards Virtual Reality Integration into Collaborative Design Processes, in *Virtual Concept 2003* (éd. X. Fischer, ESTIA) 86-91,

Biarritz (2003). ISBN 2-9514772-3-6

[C57] P. Nowak, Ch. Merlo, B. Eynard, T. Gallet. From Design Process Specification Towards PDM Workflow Configuration, in *International Conference in Engineering Design ICED 03*, Stockholm (2003), Cd-ROM (éd Design Society), Abstracts ISBN 1-904670-00-8.

[C58] Ph. Girard, Ch. Merlo. GRAI Engineering Methodology for Design Performance Improvement, in *International Conference in Engineering Design ICED 03*, Stockholm (2003), Cd-ROM (éd. Design Society), Abstracts ISBN 1-904670-00-8.

[C59] Ch. Merlo, Ph. Girard. Information system modelling by an object-oriented approach for engineering design, in *CESA 2003, Traitement de l'Information dans la Théorie des Systèmes et ses Applications*, Lille (2003), Cd-ROM (éds. P. Borne, E. Craye, N. Dangoumau, Ecole Centrale de Lille), Abstracts ISBN 2-9512309-6-6.

[C60] Ch. Merlo, Ph. Girard. GRAI ENGINEERING : A Knowledge Modelling Method to Co-ordinate Engineering Design, in *International CIRP Design Seminar 2003*, Grenoble (2003), Cd-ROM (éds. L3S, Grenoble et CIRP).

[C61] L. Garreau, J. Legardeur, N. Couture. Tangible Interface for mechanical CAD parts assembly, in *Virtual Concept 2003* (éd. X. Fischer, ESTIA) 222-227, Biarritz (2003). ISBN 2-9514772-3-6.

[C62] J. Legardeur, L. Garreau, N. Couture. Des interacteurs pour l'assemblage mécanique en CAO, in *3rd International Conference : Integrated Design and Production, CPI'2003*, Meknès (2003), Cd-ROM (éds. ENSAM Meknès et ENS Cachan), <http://wgmp.iut-cachan.u-psud.fr/cpi2003/>

[C63] J. Legardeur, Ch. Merlo, Ph. Girard. Pilotage de la coopération et de la coordination lors des processus de conception, in *5ème congrès international de Génie Industriel, GI 2003*, Québec (2003), Cd-ROM (éds. Daoud Aït-Kadi et Sophie D'Amours) ISBN 2-9808240-0-3.

[C64] J. Legardeur, J. Hey, J.-F. Boujut. Information sharing for knowledge creation during early design phases, in *10th ISPE International Conference on Concurrent Engineering : Research and Applications, CE 2003*, Madeira (2003), Vol.1 : Enhanced interoperable systems, 1091-1097 (éds. R. Jardim-Gonçalves, J. Cha, A. Steiger-Garção), ISBN 90 5809 623 8.

[C65] J. Legardeur, Ch. Merlo, I. Franchistéguy, C. Bareigts. Co-operation and co-ordination during the design process : empirical studies and characterisation, in *International CIRP Design Seminar 2003*, Grenoble (2003), Cd-ROM (éds. L3S, Grenoble et CIRP).

[C66] F. Legrand, N. Couture, R. Briand, H. Lévi. Electrical or Electro-technical diagram simulation using event driven analysis, in *Fourth International Conference on Industrial Automation*, Montréal, Canada (2003), Cd-ROM (éd. Ecole de Technologie Supérieure, Montréal).

- [C67] J.-M. Cieutat. Navigation training simulation in ocean waves, in *SI-MOUEST, European Conference on Virtual Shipbuilding*, Nantes (2002), Cd-ROM.
- [C68] J. Arana, H. Camblong, M. Rodriguez, G. Abad. Modelado, simulación e implementación del control vectorial de un generador eólico de velocidad variable, in *SAAEI'02*, vol. 1, Universidad de Alcalá, 535-538 (2002).
- [C69] H. Camblong, J. Arana, M. Rodriguez. Control avanzado de un aerogenerador de velocidad variable, in *SAAEI'02*, vol. 1, Universidad de Alcalá, 153-156 (2002).
- [C70] H. Camblong, M. Rodriguez, J.-R. Puiggali, A. Abad. Comparison of different control strategies to study power quality in a variable speed wind turbine, in *1st World Wind Energy Conference Proceedings* (CD-ROM), Berlin, July 2002.
- [C71] J.-M. Cieutat. Wave generation and propagation for maritime training simulator, in *6th world multi-conference on Systemics, Cybernetics and Informatics*, vol. 12, 55-62, International Institute of Informatics and Systemics, 2002.
- [C72] B. Eynard, Ch. Merlo, B. Carratt. Aeronautics Product Development and Certification Workflow based on Process Modelling, in *Proceedings of the 8th International Conference on Concurrent Enterprising : Ubiquitous Engineering in the Collaborative Economy*, Rome (2002), Centre for Concurrent Enterprising, University of Nottingham, 439-442, ISBN 0 85358 113 4.
- [C73] H. Camblong, J. Arana, M. Rodriguez, J.-R. Puiggali, O. Patrouix. Wind variations effects on the power quality for different controls of a variable-speed wind turbine, in *Global Windpower Conference* (CD-ROM), Paris, 2002.
- [C74] Ph. Girard, Ch. Merlo, G. Doumeingts. Approche de la performance en conduite de l'ingénierie de la conception, in *IDMME 2002* (G. Gogu, D. Coutellier, P. Chedmail, P. Ray eds.), IFMA Clermont-Ferrand (2002) CD-Rom.
- [C75] Ph. Girard, Ch. Merlo, G. Doumeingts. Capitalisation des connaissances en ingénierie de la conception, in *IDMME 2002* (G. Gogu, D. Coutellier, P. Chedmail, P. Ray eds.), IFMA Clermont-Ferrand (2002), CD-Rom.
- [C76] X. Fischer, J.-P. Nadeau, P. Sébastien. Modélisation en conception inversée intégrée : une approche par contraintes, in *IDMME 2002* (G. Gogu, D. Coutellier, P. Chedmail, P. Ray eds.), IFMA Clermont-Ferrand (2002), CD-Rom.

Conférences nationales, avec comité de lecture et actes

- [CF1] L. Garreau. Conception d'une interface tangible pour l'assemblage en CAO, *Proc. IHM'05* (Demonstration Session), 2005, Toulouse, à paraître.

- [CF2] O. Arrijuria, R. Briand, C. Pellet. Outil d'aide à la conception d'accéléromètres capacitifs, in *Journées Nationales du Réseau Doctoral de Microélectronique*, Paris, 2005.
- [CF3] G. Pol, Ch. Merlo, J. Legardeur, G. Jared. Organisation et collaboration : cas d'étude en PME, in *9ème colloque PRIMECA (2005)* CD-ROM (éd. AIP Priméca), ISBN 2-9523979-0-2.
- [CF4] O. Arrijuria, R. Briand, C. Pellet. Conception d'un Accéléromètre Capacitif en Technologie CMOS-MEMS, in *Journées Nationales du Réseau Doctoral de Microélectronique*, Marseille, 2004.
- [CF5] T. Boubekour, P. Reuter, Ch. Schlick. Reconstruction Locale et Visualisation de Surfaces de Points à l'aide de Surfaces de Subdivision, in *Actes des 17èmes journées de l'AFIG*, 2004.
- [CF6] G. Pol, J. Legardeur, S. Minel, Ch. Merlo. Les phases informelles en amont des projets de conception, in *ERGO IA 2004*, Biarritz (2004).
- [CF7] R. Doré, X. Fischer, J.-P. Nadeau, J. Pailhès. Méthodologie avancée pour la conception conforme utilisateur, in *8ème colloque PRIMECA*, La Plagne (2003) CD-ROM (éd. AIP Priméca).
- [CF8] I. Franchistéguy, J. Legardeur, Ch. Merlo. Combiner gestion des connaissances et gestion de projet, in *8èmes Journées de Projectique*, Bayonne - San Sebastian (2003) 25-28 (éd. Société Européenne de Projectique).
- [CF9] J. Legardeur, Ch. Merlo, I. Franchistéguy, C. Bareigts. Coopération et coordination dans les processus de conception, in *8ème colloque PRIMECA*, La Plagne (2003) CD-ROM (éd. AIP Priméca).
- [CF10] Ch. Merlo, Ph. Girard. La gestion des connaissances en conduite de la conception, in *8èmes Journées de Projectique*, Bayonne-San Sebastian (2003), 21-24 (éd. Société Européenne de Projectique).
- [CF11] Ch. Merlo. Modélisation des connaissances pour la conduite de la conception, in *Gestion des compétences et des connaissances en génie industriel* (F. Vernadat éd.) (2002) (IRIN, Nantes) 67-72.
- [CF12] J.-M. Cieutat. Navigation training simulation in ocean waves, in *SIMOUEST, European Conference on Virtual Shipbuilding*, 2002 (Nantes).
- [CF13] N. Couture. SIMAPI, simulation de procédé et 3D, in *SIMO 2002, Systèmes d'Information, Modélisation, Optimisation, Contrôle, Commande en Génie des Procédés* (conférence plénière, Thème éducation et formation d'opérateur) (J.-M. Le Lann, X. Joulia eds.) (2002), CD-Rom (ENSIACET, Toulouse).
- [CF14] P. Sébastien, X. Fischer, J.P. Nadeau, A. Bouchama. Réduction de modèles pour la simulation par satisfaction de contraintes en génie des procédés, in *SIMO 2002, Systèmes d'Information, Modélisation, Optimisation, Contrôle, Commande en Génie des Procédés* (J.-M. Le Lann, X. Joulia eds.) (2002), CD-Rom (ENSIACET, Toulouse).

[CF15] X. Fischer, N. Troussier. La réalité virtuelle pour une conception centrée sur l'utilisateur, in *Virtual Concept 2002* (C. Cruz Neira, D. Coutellier, D. Marquis, eds.), Biarritz, ESTIA (2002), 80-89.

[CF16] X. Fischer, J.-P. Nadeau, L. Zimmer, P. Zablit. Outil d'aide à la décision en Conception Inversée Intégrée, in *Actes du colloque IPI; Concevoir et Organiser la performance industrielle* (éds. H. Tiger), Autrans, IPI (2002), 65-74.

[CF17] X. Fischer, J.-P. Nadeau, P. Sébastian, P. Joyot. Solutions innovantes en conception imprécise et incertaine : Conception Inversée Intégrée de systèmes industriels. *Actes des journées thématiques Primeca : Méthodes non-déterministes en conception intégrée* (éds. B. Soulier, C. Blanze), Cachan (2002), Priméca.

Edition de volumes

[E1] X. Fischer, D. Coutellier. *Research in Interactive Design* (182 pages et CDROM), Springer, 2005.

[E2] J. Legardeur, Ch. Merlo. Actes du colloque *Cooperation for Innovation during Early Informal Design Phases*, 6th International Conference on the Design of Cooperative system, Côte d'Azur, 2004.

[E3] X. Fischer. Edition d'un numéro spécial de la revue *Mécanique et Industries*, vol. 5 (2), 2004. Sélection d'articles présentés à la conférence *Virtual Concept 2002*.

Tutorial

[Tut1] O. Patrouix, R. Briand, B. Bluteau. Building virtual reality environment using Matlab / Simulink for robotics applications, in *Tutorials, Virtual Concept 2003* (éd. X. Fischer, ESTIA), Biarritz, 2003.

Thèses et mémoires

[T1] Ludovic Garreau, *Elaboration d'une interface tangible pour l'assemblage en CAO*, thèse de doctorat, Université Bordeaux-1, 2005.

[T2] David Marin. *Étude d'un système hybride photovoltaïque-éolien*, mémoire de DEA, LIPSI et TREFLE, ENSAM et Université Bordeaux 1, 2004.

[T3] Raphaëlle Doré, *Intégration des sensations utilisateur en conception préliminaire – Application au ski et au virage de base*, thèse de doctorat, ENSAM, 2004.

[T4] Yoann Vernat, *Formalisation et qualification de modèles par contraintes en conception préliminaire*, thèse de doctorat, ENSAM, 2004.

[T5] Fabien Legrand, *Modélisation de circuits électrotechniques en vue de leur simulation - réalisation d'un simulateur*, thèse de doctorat, Université Bordeaux 1, 2004.

[T6] Haritza Camblong, *Minimisation de l'impact des perturbations d'origine éolienne dans la production d'électricité par des aérogénérateurs à vitesse variable*, thèse de doctorat, ENSAM et Ecole Polytechnique de Mondragón, 2003.

[T7] Jean-Marc Cieutat, *Modélisation physiquement réaliste de session de simulation d'entraînement maritime*, thèse de doctorat, Université Bordeaux 1, 2003.

[T8] Christophe Merlo, *Modélisation des connaissances en conduite de l'ingénierie : mise en œuvre d'un environnement d'assistance aux acteurs*, thèse de doctorat, Université Bordeaux 1, 2003.

Communication à des colloques nationaux, sans actes ou sans comité de lecture

[D1] R. Briand. Transmission sans fil pour microcapteurs, *Journées du Club EEA, Interfaces capteurs : vers les micro et nanosystèmes*, Lyon, novembre 2005. *Présentation invitée.*

[D2] H. Camblong. Étude de Systèmes d'Énergie Hybride (SEH) de faible et moyenne puissance : optimisation du coût et de la qualité de la puissance électrique produite, *Colloque sur les énergies renouvelables : l'alternative sans crise*, Bastia, mars-avril 2005.

[D3] Ch. Merlo. Modélisation des connaissances pour la conduite des systèmes de conception, *Journées GDR MACS*, Nantes, mars 2004.

[D4] Ch. Merlo, J. Legardeur. Systèmes d'information et collaboration dans les processus de conception, in *Journées GDR MACS*, Bordeaux, octobre 2003.

[D5] J.-M. Cieutat. Ocean waves rendering in real time. in *1ère journée Action Spécifique du CNRS sur le rendu temps réel*, Paris, janvier 2003.

[D6] G. Tapia, H. Camblong. Energia Eolikoa, in *Journée Energia Berriztagarriak (Energies Renouvelables)*, Udako Euskal Unibertsitatea (Université d'été en basque), CD-Rom, ESTIA, juillet 2002.

Articles de vulgarisation

[V1] H. Camblong. Energia berriztagarriak elektrizitatea sortzeko in *Alternatibaz, Journal des pratiques alternatives, respectueuses et solidaires*, mai-juin 2005.

[V2] A. Odinot, F. Applagnat, Ch. Merlo, B. Eynard, Diffusion des technologies PLM au sein des entreprises d'Aquitaine, in *Journée thématique*

AIP-PRIMECA – de la CAO à la GDT : enjeux industriels et pédagogiques, pp. 1-12, Ecole Centrale de Lille, mai 2004.

Participation à des séminaires hors de l'ESTIA

- [S1] Y. Vernat. Formalisation et qualification de modèles par contraintes en conception préliminaire, Dassault Systèmes, Saint-Cloud, décembre 2004.
- [S2] J. Legardeur. Les activités et projets de recherche au LIPSI, Laboratoire 3S, Grenoble, novembre 2004.
- [S3] O. Curea, I. Vechiu. Activité de R&D du LIPSI liée à l'énergie photovoltaïque, Journée consacrée au potentiel aquitain en matière de recherche et d'enseignement sur l'énergie photovoltaïque, Université de Pau et Pays de l'Adour, avril 2004.
- [S4] I. Vechiu. Activité de R&D du LIPSI liée à l'énergie photovoltaïque, Journée consacrée au potentiel aquitain en matière de recherche et d'enseignement sur l'énergie photovoltaïque, Université de Bordeaux 1, novembre 2003.
- [S5] J. Trunzler. Modélisation numérique sans maillage en thermomécanique des grandes transformations : application à l'usinage, Assemblée du LMSP, septembre 2003, Orléans.
- [S6] Y. Vernat. Démarche de formalisation d'un problème de conception par contraintes, Séminaire LEPT, Bordeaux, mai 2003.
- [S7] H. Camblong. Modelado y Simulación de aerogeneradores en Matlab/Simulink, Séminaire du centre de recherche Robotiker, Zamudio (Pays Basque d'Espagne), mars 2003.
- [S8] L. Garreau. Une réflexion sur de nouveaux interacteurs, Séminaire LaBRI, Bordeaux, janvier 2003.
- [S9] H. Camblong. Commande optimisée d'un aérogénérateur à vitesse variable vis-à-vis des perturbations d'origine éolienne, Séminaire interne du LEPT ENSAM, Bordeaux, novembre 2002.

Rapports

- [R1] P. Reuter, P. Joyot, J. Trunzler, T. Boubekur, Ch. Schlick. Point Set Surfaces with Sharp Features. LaBRI RR 1355-05, 2005.
- [R2] O. Curea, D. Marin, H. Camblong. Régulateur éolien et photovoltaïque. Rapport d'expertise technique. *Expertise Jessica* pour la société Enersafe, 2005.
- [R3] P. Reuter, P. Joyot, J. Trunzler, T. Boubekur, Ch. Schlick. Reconstructing Implicit Surfaces with Sharp Edges via Enriched Reproducing Kernel Approximation. LaBRI RR 1334-04, 2004.

- [R4] S. Minel, éd. Rapport final de l'Action Spécifique *TOPIK* du département STIC (CNRS), 2004.
- [R5] J. Legardeur. Rapport du Lot 1 : Modalités d'observation des pratiques de terrain, de leur diffusion et de leur transfert, in Rapport final de l'Action Spécifique *TOPIK* du département STIC (CNRS), 2004.
- [R6] Y. Vernat. Rapport projet RNTL CO2, Démarche de formalisation de modèles, livrable du Lot 2 : Méthodologie de conception inversée intégrée, Sous-lot 2.2 : Définir une logique de réduction ou de simplification de modèles, 2003.
- [R7] H. Camblong, M. Santos, M. Rodriguez. Logiciel de simulation d'éoliennes à vitesse variable, rapport du projet SIMEOLE, Fonds Commun de Coopération Aquitaine-Euskadi, 2002.

Animation scientifique

Participation à des réseaux

- Depuis 2005 : Autour de la mise en place de l'AIP Aquitaine. Mise en place d'un projet de conception collaborative inter-établissements basé sur le système Windchill Project Link (PTC). Ce projet a pour but de valider les conditions de collaboration autour de cet environnement PLM auprès d'enseignants et de groupes d'étudiants de l'Ensam, de l'Estia et de l'Université de Bordeaux 1, afin d'être opérationnel pour le lancement effectif de l'AIP à la rentrée 2006. Participation aux Journées pédagogiques PLM consacrées à l'enseignement du PLM au sein des AIP, organisées par l'Ecole Centrale de Nantes.
- Depuis 2005 : pôle Energie-Ressources du projet SEEDS (Systèmes d'Énergie Électrique dans leurs Dimensions Sociétales, en attente d'un cadre juridique). Il s'agit d'une coordination nationale des laboratoires de recherche français en Génie Electrique construite autour des aspects applicatifs. Le pôle Energie-Ressources intègre l'activité du groupe Production Décentralisée du GdR ME2MS.
- Depuis 2004 : Groupe de travail CESAME (Conception et Evaluation de Systèmes interactifs Adaptables et/ou Mixtes) du GT 4.6 Informatique diffuse, Pôle ICC (Interaction, Coopération, Communication), GdR I3 (Information, Interaction, Intelligence).
- Depuis 2003 : GdR MACS (Modélisation Analyse Conduite des Systèmes dynamiques, CNRS), dans le sous-groupe IS3C (Ingénierie des systèmes de conception et conduite du cycle de vie produit) : groupe de recherche issu des réseaux d'automatique/productique, s'intéressant au pilotage de la conception et en particulier aux aspects collaboratifs et gestion des connaissances.

Participation à des conseils et comités scientifiques

- 2006. Comité des vice-présidents de *Design Computing and Cognition 2006 (DCC 2006)*, Eindhoven, X. Fischer
- 2006. Comité scientifique de *Design 2006*, Dubrovnik, X. Fischer
- 2002, 2003, 2004. Comité de programme du colloque ALCAA (*Agents Logiciels, Coopération Apprentissage, Activité humaine*), N. Couture
- 2001-04. Conseil Scientifique du Pôle EITICA (transfert technologique, Conseil Régional d'Aquitaine), P. Weil

Participation à des jurys de thèse

- Doctorat en informatique, Ludovic Garreau, Université Bordeaux-1, 12 septembre 2005 (N. Couture, J. Legardeur)

- Doctorat en informatique, Frédéric Seyler, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 16 décembre 2004 (N. Couture)
- Doctorat en mécanique, Raphaëlle Doré, ENSAM, 10 décembre 2004 (X. Fischer)
- Doctorat en mécanique, Yoann Vernat, ENSAM, 18 novembre 2004 (X. Fischer)
- Doctorat en informatique, Nicolas Guionnet, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 23 avril 2004 (N. Couture)
- Doctorat en science de l'ingénieur, Fabien Legrand, Université Bordeaux 1, 29 janvier 2004 (R. Briand et N. Couture)
- Doctorat en mécanique, Matthieu Léger, Université Bordeaux 1, 19 décembre 2003 (X. Fischer)
- Doctorat en informatique, Jean-Marc Cieutat, Université Bordeaux 1, 17 décembre 2003 (N. Couture)
- Doctorat en mécanique, Xavier Fischer, ENSAM, 15 décembre 2000 (P. Joyot)
- Doctorat en informatique, Augustin Ido, Université Bordeaux 1, 23 juin 2000 (N. Couture)

Organisation de manifestations scientifiques

- *International Workshop on Virtual Reality for Industrial Applications (VIA 2004)*, Compiègne, novembre 2004.

X. Fischer était vice-président, et Christophe Merlo était membre du comité de programme de ce workshop, organisé par l'Université Technologique de Compiègne et soutenu par l'ESTIA et par l'AIP Priméca. Il a rassemblé une cinquantaine de personnes venant de différents pays d'Europe, donné lieu à 20 présentations et 10 posters, et participé à l'émergence d'une communauté internationale intéressée par les nouvelles techniques de Réalité Virtuelle et de simulation exploitées en conception de produit.

- Workshop *A constraint Based Approach for Design Support System*, organisé au sein de *International Conference Design Computing and Cognition 2004 (DCC 2004)*, Boston, juillet 2004.

Ce workshop était co-organisé par X. Fischer, P. Sébastien (TREFLE) et L. Zimmer (Dassault Aviation).

- *Cooperation for Innovation during Early Informal Design Phases*, Presqu'île de Giens, mai 2004.

J. Legardeur et Ch. Merlo ont organisé ce colloque au sein de la *6th International Conference on the Design of Cooperative systems* et ils en ont co-édité les actes en partenariat avec l'INRIA. Ce workshop a rassemblé 22 participants venant de 6 pays différents, 12 papiers ont été retenus pour les

actes (taux d'acceptation de 65%, par un comité scientifique international), dont 8 ont fait l'objet d'une présentation orale.

- *Virtual Concept 2003*, Biarritz, novembre 2003.

X. Fischer était vice-président et Ch. Merlo et O. Patrouix étaient membres du comité scientifique de cette manifestation, organisée par l'ESTIA et l'UTC (Université Technologique de Compiègne). *Virtual Concept* a rassemblé plus de 400 participants, venus de 17 pays. Le salon a regroupé une vingtaine d'entreprises. Le colloque a donné lieu à la présentation de 52 articles (sur près d'une centaine soumis), 8 posters, 2 débats et 3 tutoriels.

Un volume consacré à une sélection d'articles, co-édité par D. Coutellier et X. Fischer, est en préparation.

- *Journée LIPSI/ESTIA-Innovation sur la visualisation et l'interaction tridimensionnelles, côté hardware*, ESTIA, mars 2003.

Journée organisée par F. Applagnat-Tartet (ESTIA-Innovation), J.-M. Cieutat (LIPSI) et L. Garreau (LIPSI), avec la participation de S. Brouwers (Efficient Technology), F. Deloffre (Live-Set), L. Bodin (VR-Inside).

- *Virtual Concept 2002*, Biarritz, octobre 2002.

X. Fischer était vice-président et Ch. Merlo et O. Patrouix étaient membres du comité scientifique de cette manifestation, organisée par l'ESTIA et l'UTC (Université Technologique de Compiègne). *Virtual Concept* regroupait un colloque (80 inscrits, dont 20% d'industriels et 22% de participants internationaux ; 14 communications et 8 posters) et un salon où une vingtaine d'entreprises étaient représentées.

Un numéro spécial de la revue *Mécanique et Industrie* (vol. 5, 2004), coordonné par X. Fischer, est consacré à une sélection d'articles.

- *Journée Energia Berriztagarriak*, dans le cadre de Udako Euskal Unibertsitatea (l'Université d'été en basque), Bidart, juillet 2002.

H. Camblong participait à l'organisation de cette manifestation, et en a co-édité les actes (CD-Rom).

- *ITS 2002 : Intelligent Tutoring Systems*, Biarritz et San Sebastian, mai 2002.

L'ESTIA participait au comité d'organisation de cette grande conférence, en collaboration avec G. Gouardères (LIUPPA, Université de Pau et des Pays de l'Adour).

- *S3P : Simulation de Produits, de Procédés et de Processus industriels*, ESTIA, 15 et 16 novembre 2001.

Co-organisé par X. Fischer (LIPSI, ESTIA), M. Tollenaere (ENSGI, Grenoble, AIP Dauphiné-Savoie, PRIMECA) et J.-L. Billoet (CNED, LMS, ENSAM). 46 participants extérieurs à l'ESTIA. Actes sur CD-Rom.

- *AlgoTel 2001 : Troisièmes Rencontres Francophones sur les aspects Algorithmiques des Télécommunications*, Saint-Jean de Luz, 28-30 mai 2001.

N. Couture (LIPSI, ESTIA) a participé au comité d'organisation de cette grande conférence, en collaboration avec O. Delmas (LaBRI, Université de Bordeaux-1) et V. Vèque (IEF, Orsay). Les actes ont été publiés par l'INRIA.

- *Simulation et Visualisation : de la recherche de lois physiques à la visualisation en 3D – l'homme et son environnement ; applications dans les éléments Eau, Terre, Air et Feu ; rencontres des physiciens et des informaticiens 3D*, ESTIA, 8 et 9 mars 2001.

Co-organisé par J.-M. Cieutat (LIPSI, ESTIA), P. Guitton (LaBRI, Université Bordeaux-1) et J.-P. Caltagirone (MASTER, ENSCP Bordeaux). Une cinquantaine de participants extérieurs à l'ESTIA. Pas de publication d'actes.

Séminaire

Depuis 1999, les chercheurs du LIPSI se sont retrouvés fréquemment pour des groupes de travail et séminaires.

2004-05

- *Octavian Curea (LIPSI) : Mesure, traitement des signaux, modélisation, diagnostic. Application aux systèmes électrotechniques - Energies renouvelables.*
- *Christophe Merlo (LIPSI) : Coopération et coordination dans les processus de conception, avril.*
- *David Marin (LIPSI) : Etude d'un système photovoltaïque-éolien, septembre.*
- *Yoann Vernat (LIPSI) : Formalisation par contraintes en conception inversée intégrée, novembre.*
- *Guillaume Pol (LIPSI) : Collaboration entre acteurs dans les projets innovants, novembre.*
- *Raphaëlle Doré (LIPSI) : Modèle ontologique et mécanique en conception inversée intégrée de produits de sports de glisse à base de matériaux composites, décembre.*

2003-04

- *Renaud Briand et Olivier Arrijuria (LIPSI) : L'activité microsystèmes au LIPSI, juillet.*

2002-03

- *Francisco Chinesta (LMSP, ENSAM Paris) : Méthodes numériques sans maillage ; application à la modélisation de la coupe*
- *Nimal Jayaratna (Curtin University) : Conceptualisation and meaningful models*
- *Jean-Jacques Charlot (E.N.S. Télécom) : Modélisation et simulation comportementale de systèmes multi-technologiques et mixtes*
- *Ludovic Garreau (LIPSI) : Réflexion sur les interacteurs en CMAO*
- *Jean-François Boujut (INPG, Laboratoire 3S, Grenoble) et Jérémy Legardeur (LIPSI) : Des outils aux interfaces pour le développement de processus de conception coopératifs*

- Yoann Vernat (LIPSI) : Démarche de formalisation d'un problème de conception par contraintes
- Philippe Etchart (LGM, Bordeaux, Ederena et LIPSI) : Conception et caractérisation de structures en multimatériaux collés. Application à des éléments de machines outils en usinage à grande vitesse

2001-02

- Christophe Merlo (LIPSI-ESTIA) : Modélisation de la connaissance en conduite de l'ingénierie
- Haritza Camblong (LIPSI-ESTIA) : Wind Variations Effects on the Power Quality for Different Controls of a Variable-speed Wind Turbine

1999-2000

- Laurent Geneste (ENI de Tarbes) : Aide à la décision pour la réactivité des systèmes industriels complexes
- Jean-Marc Cieutat (LIPSI, ESTIA) : Présentation des contraintes temps réel liées à la simulation d'entraînement
- Guy Mélançon (CWI, Amsterdam et LaBRI, Université Bordeaux-1) : Conception d'indices visuels pour la navigation et l'exploration de données relationnelles
- René Harlouchet (SEI-Fagor/Mondragón Sistemas) : EAI ou Entreprise Application Integration
- Patrick Sébastien (LEPT-ENSAM) : Réduction de modèles et optimisation de systèmes thermo-mécaniques : application des réseaux de neurones et des algorithmes génétiques
- Maylis Delest (LaBRI, Université Bordeaux-1) : Interface de visualisation d'information
- Jacques Péré-Laperne (Algotech Informatique) : Reconnaissance de schémas électriques
- Emmanuel Caillaud (CGI, Ecole des Mines d'Albi-Carmaux) : Savoir-faire et aide à la conception

1999

- François Applagnat-Tartet : La rétro-conception
- Xavier Fischer : Système à base de contraintes floues pour l'intégration du calcul mécanique en conception
- Jean-Marc Cieutat : Présentation des outils supportant les méthodes de l'ingénieur informaticien
- Pierre Joyot : survey
- Jean Robert : La mesure de flux turbulent appliquée au moteur thermique deux temps
- Nadine Couture : Comment associer l'image et le calcul pour faire de la Combinatoire ?
- Ana Suso : Silicon Valley : l'informatique pour l'informatique
- Xavier Fischer : Intégrer le calcul dans la conception mécanique
- Xavier Fischer : Stratégie de conduite du calcul pour l'aide à la décision en conception mécanique
- Christophe Merlo : Modèle produit pour la conception et la conduite du processus de conception : vers un système d'assistance

Contrats de recherche et de valorisation

1. Contrats de recherche

Contrats européens

- *SMMART* (System for Mobile Maintenance Accessible in Real Time) : projet intégré européen du 6ème PCRD, coordonné par Turbomeca (groupe Safran). Ce projet a un budget total de 25 M euros, dont 350 k-euros pour le LIPSI. Le but du projet est de concevoir et de mettre en place de nouveaux systèmes à base d'électronique embarquée pour le suivi en temps réel de produits complexes (turbomoteur, avions, hélicoptères, poids lourds,...). Il s'agit d'instrumenter les parties sensibles d'un produit afin de proposer de nouveaux outils et méthodes de suivi pour la maintenance prédictive. La négociation du projet s'est achevée à l'été 2005, la signature est imminente et le projet démarrera en novembre 2005.
- *Microgrids* : projet européen COOPENER (Programme Energie Intelligente - Europe de la commission Transports et Energie). Le but du projet est de promouvoir les microréseaux et les systèmes d'énergie renouvelables pour l'électrification de zones rurales dans les pays en voie de développement. Il est coordonné par Robotiker (centre technique du groupe Tecnalia, Pays Basque d'Espagne). Autres partenaires : CERER-UCAD, Conseil Régional de Dakar, Ministère de l'Industrie et des Mines et SEMIS (Sénégal). Le projet a été retenu, et est en cours de négociations. De décembre 2005 à juin 2007 en principe.
- *FRESH* (FRom Electric cabling plans to Simulation Help) : projet européen STREP, coordonné par ESTIA et la société AlgoTech. Le but du projet est de concevoir un logiciel de reconnaissance de schémas électriques papier, de conception de schémas et de définition de plans de câblage, pour fabriquer et poser des tresses de câbles aéronautiques. Partenaires industriels : les sociétés EADS-Sogerma, LABINAL (groupe Snecma), Rector (Pologne), Zenon (Grèce), Tekever (Portugal), Euro-Inter (Toulouse). Partenaires universitaires : LORIA (Nancy), CEIT(San Sebastian, Université de Navarre). Mars 2005 - mars 2008.
- *EnerSafe* : Expertise relative à un dispositif électronique concernant la régulation et le contrôle de générateurs photovoltaïques et micro-éoliens. Cette expertise a été financée en partie par une action JESSICA. 2004-05.
- *Quasinil* : Partenariat entre l'entreprise Quasinil (Pau) et le LIPSI, pour la réalisation d'une expertise technico-économique, y compris une étude de faisabilité de l'intégration sur silicium d'un circuit driver de relais bistable actuellement fabriqué à partir de composants discrets. Cette expertise a été financée en partie par une action JESSICA. Mars à décembre 2004.
- *E3* (Electronically Enhanced Education Engineering) : projet MINERVA

(Programme SOCRATES). Avec les universités de Cranfield, UK (coordinateur), Linköping, Suède et Porto, Portugal. Octobre 2002 - mars 2005.

- *SIMAPI* (SIMulateur Aquitain de Procédés d'Incinération) : mise en place d'une maquette 2D et 3D opérationnelle pour l'incinération des déchets en lit fluidisé dans le but de convaincre les industriels pour faire un transfert de technologie. Financement par les Fonds FEDER. Avec le LGPP (ENSGTI-UPPA) et le LEPT (ENSAM-Bordeaux 1). Janvier 2000 - janvier 2002.

Contrats nationaux

- *PTR* (Prestation Technologique Réseau, outil du réseau de développement technologique Action) avec la société Enersafe : Le projet global de transfert vise à assurer la sommation optimisée des productions d'énergie électrique produites par un ensemble de générateurs hybrides (panneaux photovoltaïques et micro-éoliennes) et la charge efficace de batteries d'accumulateurs, au moyen d'un dispositif électronique modulaire. Dans le cadre de la PTR, une étude a été menée pour définir les mesures nécessaires et les capteurs associés, définir les commandes à envoyer vers les commutateurs du convertisseurs CC/CC, choisir l'architecture de l'électronique de puissance, choisir et implémenter l'algorithme MPPT et tester la validité des algorithmes de commande. Avril 2005 - Septembre 2005.

- *KitSensi* : Kit de sensibilisation aux énergies renouvelables et à la maîtrise de la consommation énergétique. Cofinancement de l'ADEME. Novembre 2004-Octobre 2005.

- *N-GHY* : Accompagnement du recrutement d'un ingénieur et tutorat de ce dernier, autour d'un projet de générateur d'hydrogène couplé à une pile à combustible. Projet soutenu par l'ANVAR, programme ARI (Aide au Recrutement pour l'Innovation). 2004-05.

- *DAVE* (Drone autonome à vision embarquée). Projet soutenu par la DGA. Partenaire : Ecole Royale Militaire de Bruxelles. Conception de l'électronique embarquée d'un mini-drone, et réalisation d'un prototype. Mars 2004 - septembre 2005.

- *IPPOP* (Intégration Produit - Processus - Organisation pour l'amélioration de la Performance en ingénierie) : développement d'un prototype de système d'information collaboratif répondant à cet objectif. Projet exploratoire labellisé par le RNTL - MENRT. Autres partenaires : LAP (U. Bordeaux-1), LMP (U. Bordeaux-1), CRAN (U. Henri Poincaré, Nancy), LASMIS (U. T. Troyes), L3S (INP Grenoble), GOSET (Association loi 1901, promotion de la norme internationale STEP, Paris), Open Cascade (Atelier de Génie Logiciel pour la CAO et le calcul, Paris), EADS CCR (Toulouse), Alstom Moteurs (Lorraine). Décembre 2001 - juin 2005.

- *TOPIK* : Action Spécifique transdisciplinaire du Département STIC du CNRS portant sur le développement d'axes de recherche en gestion des

connaissances dans les organisations complexes, dirigée par J.-M. Larrasquet (GRAPHOS). Le LIPSI participe au comité scientifique de l'AS, coordonne l'ensemble des lots de l'AS, et a la responsabilité du lot 1 (Modalités d'observation des pratiques de terrain, de leur diffusion et de leur transfert). Octobre 2003 - septembre 2004.

- *CO2* (COntraintes en COnception) : Conception Inversée Intégrée, outil d'aide à la décision, méthodologie de capitalisation des connaissances, conception optimale, techniques de réduction de modèles, raisonnement à base de contraintes. Projet pré-compétitif labélisé par le RNTL - MEFI. Autres partenaires : LIP6 (Paris 6), IRIN (U. Nantes), LEPT (ENSAM Bordeaux), Dassault Aviation (Direction Générale Technique), Cril Technology. Janvier 2002 - février 2004.

- *InfoVis* : Détecter, analyser et développer une nouvelle thématique de recherche pour le département STIC autour de la visualisation d'information. Action Spécifique du département STIC du CNRS. Partenaires universitaires : LSC (Bordeaux 2), LaBRI (ENSEIRB, Bordeaux 1), LIRMM (Univ. Montpellier) ; partenaire transfert de technologie : CRT ESTIA-Innovation. Septembre 2001 - septembre 2002.

- *Cigogne* : Validation et évaluation cognitives de techniques de navigation et de visualisation de graphes. ACI (Action Concertée Incitative) Cognitive du MRT. Partenaires universitaires : LSC (Bordeaux 2), LaBRI (ENSEIRB, Bordeaux 1), LIRMM (Univ. Montpellier) ; partenaire transfert de technologie : CRT ESTIA-INNOVATION. Décembre 2000 - décembre 2002.

Contrats transfrontaliers

- *ELINER* (Équipements ELectroniques pour une INTégration efficace des Energies Renouvelables dans le réseau électrique). Projet Aquitaine-Euskadi en partenariat avec Robotiker (centre technique du groupe Tecnalia, Pays Basque d'Espagne). L'objectif du projet est de valider expérimentalement des concepts innovants pour la conception des équipements électroniques nécessaires pour une intégration efficace des énergies renouvelables dans le réseau électrique. 2005-06.

- *PICOOP* : gestion des connaissances. Projet Aquitaine - Euskadi. Partenaires : GRAPHOS et MIK. Septembre 2002 - août 2003.

- *SIMEOLE* (Logiciel de Simulation d'Eoliennes à Vitesse Variable). Projet Aquitaine-Euskadi. Définition et implantation d'une hiérarchie de modèles d'aérogénérateurs à vitesse variable pour l'aide au contrôle de la qualité de la puissance électrique. Partenaires : Laboratoire d'Electronique de Mondragón (Goi Eskola Politeknikoa), Valorem (développeur de sites éoliens), Ecotecnia (fabricant d'éoliennes). Septembre 2001 - septembre 2003.

Contrats régionaux

- *Mission ADEISO : électronique et énergies renouvelables : cas particulier des éoliennes*. L'objectif est d'apporter aux industriels de la filière électronique, automatique de l'ADEISO une ou plusieurs études de cas concernant l'utilisation de l'électronique-automatique dans les applications relatives aux éoliennes. Avril à octobre 2005.
- *Changement organisationnel et adaptation du système d'information* : en partenariat avec la société Ederena Concept. Projet co-financé par l'entreprise et le Pôle EITICA, qui vise à accompagner Ederena Concept dans l'amélioration de ses processus de conception/industrialisation et du système d'information associé, tout en étudiant les mécanismes collaboratifs et leur pilotage par le chef de projet. Avril 2005 - avril 2006.
- *Nouvelles technologies, de la conception au prototypage rapide* : projet associant la conception dans un environnement de réalité virtuelle et la commande d'un robot 6-axes pour le prototypage rapide. Septembre 2003 - septembre 2005.
- *Validation d'un simulateur de circuits électrotechniques* : en partenariat avec l'IXL (Bordeaux) et la société Algotech'Informatique. Projet co-financé par Algotech'Informatique et le Pôle EITICA, qui gère le transfert de technologie en matière d'électronique, informatique et TIC pour la Région Aquitaine. Septembre 2002 - septembre 2003.
- *Développement d'un robot mobile à architecture matérielle et logicielle distribuées* : en partenariat avec la société Robosoft. Projet co-financé par Robosoft et le Pôle EITICA, qui gère le transfert de technologie en matière d'électronique, informatique et TIC pour la Région Aquitaine. Septembre 2002 - septembre 2003.
- *Optimisation de l'élaboration, de l'utilisation, et de la mise en œuvre d'un matériau multicouche acier/polymère aux caractéristiques amortissantes* : en partenariat avec la société Ederena Concept. Projet co-financé par Ederena Concept et le Pôle PAMM, qui gère le transfert de technologie en matière de mécanique et matériaux pour la Région Aquitaine. Septembre 2002 - septembre 2003.
- *Confrontation de SIMAPI à un cas réel régional* : en partenariat avec la CABAB (Communauté d'agglomération Bayonne Anglet Biarritz) et le CRT ESTIA-Innovation. Projet co-financé par le Pôle Environnement Aquitain. Printemps 2002 - printemps 2003.

Conventions CIFRE

- Théodore Totozafny : Compression d'images couleur pour application à la télésurveillance routière par transmission vidéo à très bas débit. Contrat

entre le LIUPPA (UPPA, Bayonne), le LIPSI et la société Magys. Janvier 2004 - décembre 2006.

- Philippe Etchart : Conception et caractérisation de structures en multi-matériaux collés ; application à des éléments de machine outils en usinage à grande vitesse. Contrat entre le LGM (Bordeaux), le LIPSI et la société Ederena. Septembre 2002 - septembre 2005.
- Aurélien Odinet : sujet de la thèse. Contrat entre le LASMIS (Troyes), le LIPSI et le CRT ESTIA-Innovation. Janvier 2004 - décembre 2004, contrat interrompu, pour raisons familiales.
- Jean-Yves Péré : Conception et prototypage d'un simulateur de circuit générique à partir du schéma de principe du circuit (type de circuit envisagés électriques, hydrauliques et pneumatiques). Contrat entre le LaBRI (Bordeaux), le LIPSI et la société AlgoTech. Novembre 2000 - décembre 2001 (contrat interrompu du fait des difficultés financières d'AlgoTech).

Contrats industriels

- *DCB* : Appui technique pour l'analyse et l'accompagnement technique à la mise en place d'un projet de développement de logiciels DAO et de commande numérique pour des machines de découpe jet d'eau. Le LIPSI encadre des étudiants chargés de mener l'audit actuel de l'entreprise sur ces domaines techniques en vue de la définition des orientations stratégiques de la société. Mai - septembre 2005.
- *Ederena Concept* : Partenariat entre l'entreprise Ederena Concept et le LIPSI, intitulée *Assistance à l'analyse et à l'amélioration du système d'information de l'entreprise pour le développement de produits* ; mission de 3 mois destinée à analyser l'organisation de l'entreprise et son fonctionnement relativement aux processus de développement de produits, afin de soumettre des propositions d'amélioration. Avril - juin 2004.
- *PRO-DL* : le LIPSI est intervenu comme sous-traitant de la société AlgoTech, dans le cadre d'un projet européen EUREKA (entre les sociétés AlgoTech, Fanox et Red-Electrica) visant à mettre en place une nouvelle protection différentielle de ligne Haute Tension / Basse Tension : spécification et réalisation d'une interface base de données. Décembre 2000 - juin 2001.

2. Valorisation et transfert

- Formation à l'environnement collaboratif Product View, dans le cadre du déploiement de Windchill, pour la société Turboméca. Septembre 2003 ; le LIPSI intervenait comme sous-traitant du CRT ESTIA-Innovation.
- Assistance pour la conception de la formation des futurs utilisateurs des modules Windchill développés pour les services de R&D et les sites de production de Schlumberger SEMA. Novembre 2002 à avril 2003.

- Simulation de flux et modélisation des lignes de productions de pièces composites, pour la société Ederena Concept ; le LIPSI intervenait comme sous-traitant du CRT ESTIA-Innovation.
- Réalisation d'un audit du système d'information intégrant la conception et la production, pour la société MMP (sous-traitance aéronautique) ; le LIPSI intervenait comme sous-traitant du CRT ESTIA-Innovation. Mi-2001 à mi-2002.
- Etude et rapport pour le dossier d'implantation de la société INTEX en Pays Basque, mai 2002.
- Module de formation intra-entreprise sur l'administration Unix, pour la société Pyrénées Informatique (développement de logiciels pour le milieu hospitalier, Pyrénées Atlantiques) ; le LIPSI intervenait comme sous-traitant du CRT ESTIA-Innovation. Janvier 2001.
- AVEA (Aile Volante Epaisse Aérostatique) : développement d'une plateforme informatique supportant le processus de conception de l'AVEA, pour l'IMA (Institut de Maintenance Aéronautique, Bordeaux), 2000-01.
- Validation des choix de conception d'un échafaudage (2) : simulation numérique du comportement mécanique et reconception d'un échafaudage destiné à soutenir destiné à soutenir une autoroute en chantier, pour la société Anko (Itxassou) ; le LIPSI intervenait comme sous-traitant du CRT ESTIA-Innovation. Décembre 1999.
- Conseil en architecture logicielle distribuée, pour la société Calmeyra (logiciels de conception de formulaires administratifs et commerciaux en PDF). 1999.
- Evaluation technique de candidats (compétences sur le logiciel de CAO Pro Engineer/PTC) pour le recrutement d'un concepteur CAO/DAO, pour la société SOKOA (mobilier de bureau, Pyrénées Atlantiques). Août 1999.
- Validation des choix de conception d'un échafaudage (1) : simulation numérique du comportement mécanique et reconception d'un échafaudage destiné à soutenir un ouvrage d'art en chantier, pour la société Anko (Itxassou) ; le LIPSI intervenait comme sous-traitant du CRT ESTIA-Innovation. Avril 1999.
- Validation des choix de conception d'un secteur : simulation numérique du comportement mécanique et reconception d'un secteur (élément de mécanique de transmission de commande entre la barre d'un bateau et le gouvernail), pour la société Lecomble et Schmitt (Urt) ; le LIPSI intervenait comme sous-traitant du CRT ESTIA-Innovation. Décembre 1998.
- Acquisition d'une technologie de prototypage rapide et offre de service associée, pour la société Gerpro (Gravure 3D et maquetage) ; le LIPSI intervenait comme sous-traitant du CRT ESTIA-Innovation. Dossier financé par la DRIRE Aquitaine dans le cadre d'un FRATT (Fond Régional d'Aide au Transfert de Technologie). 1998 - 1999.

- Aide au choix et implantation d'outils CFAO, pour la société MD (moules pour fonderie) ; le LIPSI intervenait comme sous-traitant du CRT ESTIA-Innovation. Dossier financé dans le cadre d'une procédure ATOUT-LOGIC. 1997 - 1999.