



# Rapport d'activité du LIPSI

Laboratoire en ingénierie  
des processus et des services industriels

1999-2001

Responsable : Pascal Weil

Responsable déléguée : Nadine Rouillon-Couture

[p.weil@estia.fr](mailto:p.weil@estia.fr), [n.couture@estia.fr](mailto:n.couture@estia.fr)

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

ESTIA

Ecole Supérieure des Technologies Industrielles Avancées

Directeur : Jean-Roch Guiresse — [j.guiresse@estia.fr](mailto: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



## **Table des matières**

<b>Liste des membres</b>	<b>3</b>
<b>Axes de recherche</b>	<b>5</b>
<b>Présentation générale</b>	<b>5</b>
<b>Conception de produits</b>	<b>7</b>
<b>Modélisation du processus de conception</b>	<b>11</b>
<b>Visualisation pour l'aide à la conception</b>	<b>19</b>
<b>Simulation environnementale</b>	<b>29</b>
<b>Thématiques transversales</b>	<b>37</b>
<b>Stratégie de développement scientifique</b>	<b>39</b>
<b>Les thèses au LIPSI</b>	<b>43</b>
<b>Publications</b>	<b>45</b>
<b>Animation scientifique</b>	<b>49</b>
<b>Contrats de recherche et de valorisation</b>	<b>51</b>



## Les membres du LIPSI

Les effectifs du LIPSI sont, au 1er janvier 2002, de 9 membres permanents, appuyés sur un directeur scientifique à temps partiel, et de 4 doctorants en formation initiale.

Les 9 membres permanents sont salariés de la Chambre de Commerce et d'Industrie de Bayonne - Pays Basque : 4 sont titulaires d'un doctorat (dont un MC détaché de l'enseignement supérieur) et qualifiés MC ; 3 sont ingénieurs expérimentés et préparent un doctorat au LIPSI ; et 2 sont ingénieurs de recherche et développement.

Avec les doctorants en formation initiale, on arrive à un total de 7 doctorants au laboratoire.

P. Weil (DR CNRS, membre du LaBRI, Bordeaux-1), a pris la direction du LIPSI en septembre 2001, après le départ de Jean-Rodolphe Puiggali, professeur à l'Université Bordeaux-1 et directeur du LEPT, qui a présidé à la fondation du laboratoire 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, *docteur en informatique* 1994 (LaBRI, Bordeaux), qualifiée MC en 27ème section ; au LIPSI depuis janvier 1999.

### Docteurs

- 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), MC2 60ème section, détaché à l'ESTIA ; au LIPSI depuis janvier 1999 (comme chercheur invité de janvier à novembre 1999).
- Olivier Patrouix, *docteur en robotique* 1994 (LIRMM, Montpellier), qualifié MC en 61ème section ; au LIPSI depuis novembre 2000.

### Doctorants ingénieurs seniors

- Haritza Camblong, *Simulation et commande d'éoliennes*, soutenance prévue 2003 (LEPT, Bordeaux, Mondragón et LIPSI) ; au LIPSI depuis janvier 2001.
- Jean-Marc Cieutat, *Informatique graphique*, soutenance prévue 2002 (LaBRI, Bordeaux et LIPSI) ; au LIPSI depuis décembre 1999.
- Christophe Merlo, *Productique, modélisation de la conception collaborative*, soutenance prévue 2002 (LAP, Bordeaux et LIPSI) ; au LIPSI depuis novembre 1999.

### **Doctorants en formation initiale**

- Raphaëlle Doré, *Conception Inversée Intégrée, capitalisation des connaissances métiers*, soutenance prévue 2004 (LEPT, Bordeaux et LIPSI)
- Ludovic Garreau, *Interaction homme machine, visualisation de modèle 3D, sauvegarde du geste réel*, soutenance prévue 2004 (LaBRI, Bordeaux et LIPSI)
- Fabien Legrand, *Théorie des circuits, modélisation comportementale des circuits et des systèmes, visualisation*, soutenance prévue 2003 (IXL, Bordeaux et LIPSI)
- Yoann Vernat, *Conception Inversée Intégrée, réductions de modèles*, soutenance prévue 2004 (LEPT, Bordeaux et LIPSI)

### **Ingénieurs de recherche et développement**

- Cédric Martinez, DESS *Systèmes de production industriels automatisés* (Bordeaux-1 et ESTIA)
- Carmen Paz, ingénieur en informatique (Université du Pays Basque, Faculté d'informatique de San Sebastian)

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.

# Les axes de recherche au LIPSI

## Présentation générale

De même que l'ESTIA forme des ingénieurs capables d'intervenir à tous les niveaux de la vie d'une entreprise industrielle ou de services, les recherches menées au LIPSI portent sur les diverses étapes du cycle de vie du produit, avec une attention toute particulière portée sur la genèse de ce cycle, la conception.

Les mots-clés auxquels se rapportent les recherches du LIPSI, détaillées plus bas, sont la conception – conception de produits aussi bien que modélisation du processus de conception lui-même –, la simulation de procédés, et la visualisation comme outil d'aide à la conception. De nombreuses interactions naturelles se développent entre ces thèmes, encore renforcées par la cohésion de l'équipe et par la définition de points de vue transverses, communs à toute l'équipe – en particulier le développement au LIPSI de compétences fortes en matière de simulation. Le langage de la visualisation se retrouve aussi dans nombre des activités du LIPSI.

Le rapport qui suit décrit les recherches menées au LIPSI depuis sa création, en 1999, ainsi que quelques perspectives. Notre laboratoire bénéficie cependant d'une dynamique qu'un tel instantané peut masquer : le LIPSI connaît une croissance forte, appuyée sur un soutien efficace des acteurs locaux du développement, et s'appuie maintenant sur un maillage scientifique solide, aux niveaux régional (avec des laboratoires de l'Université Bordeaux-1 et de l'UPPA, et avec le laboratoire Graphos<sup>1</sup>), transfrontalier (avec l'Université de Mondragón), national (par sa participation à des projets RNTL par exemple), et international (Espagne, Royaume-Uni). Ce dispositif est bien sûr parfaitement cohérent avec la perspective d'un rapprochement institutionnel avec l'Université Bordeaux-1, qui est celle de l'ESTIA tout entière.

Il n'est évidemment pas question qu'un laboratoire de la taille du LIPSI soit divisé en équipes cloisonnées. Cependant, pour la commodité du lecteur, ce document est divisé en plusieurs sections qui renvoient à de grandes thématiques sans pour autant signifier une partition du laboratoire. En effet, et ce rapport s'attachera à le démontrer, les membres du LIPSI, dans la diversité de leurs origines disciplinaires, ont un taux d'interaction remarquable, qui mène à des réalisations authentiquement pluri-disciplinaires, et

---

<sup>1</sup>UMR CNRS Lyon-3, dont une équipe est présente sur le site. Quelques mots-clés relatifs aux travaux de Graphos : conduite du changement organisationnel, logistique, risques,...

qui intéressent tant le champ des Sciences pour l'Ingénieur que celui des Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication.

La présentation des recherches menées au LIPSI est donc articulée selon quatre axes :

- la conception de produit, avec des développements méthodologiques et des travaux portant sur la mise au point d'outils innovants ;
- l'étude des processus de conception, avec des recherches sur la modélisation des connaissances impliquées dans ces processus et le développement d'environnements informatiques d'assistance ;
- la visualisation, mise au service de l'aide à la simulation, à la conception ou à la formation ;
- la réalisation de simulateurs numériques de grande ampleur dans le domaine environnemental (aérogénérateurs et incinérateurs de déchets), pour l'aide à la commande et à la décision.

Le LIPSI est un laboratoire de recherche dans une école d'ingénieurs et à ce titre, il joue un rôle important dans la formation des ingénieurs et dans le maintien et l'accroissement de la qualité de l'équipe enseignante de l'ESTIA. Il entretient des rapports de partenariat avec ESTIA-Innovation (ex ILS), un CRT particulièrement actif mis en place en 1986 par la CCI-BPB et d'où sont issus certains chercheurs du LIPSI, et avec l'incubateur ESTIA-Entreprendre, membre de l'IRA (Incubateur régional d'Aquitaine). Au-delà de ces partenariats, la création du LIPSI, son évolution et sa stratégie pour le futur témoignent d'une volonté commune de clairement distinguer les activités de recherche, qu'il s'agisse de recherche fondamentale, appliquée ou méthodologique, des activités de transfert pur. La stratégie de développement du LIPSI est détaillée en conclusion de ce rapport.



# 1 Conception de produit

## Positionnement du problème

Dans l'environnement industriel actuel, l'ingénieur dispose de méthodes et d'outils numériques pour orienter ses décisions. Ces méthodes et ces outils se répartissent en différentes classes, chacune étant destinée à être utilisée à un moment précis du processus. La première classe utilisée est relative à la construction d'un cahier des charges. Elle implique des méthodes d'analyse fonctionnelle destinées à assister l'ingénieur dans l'expression du problème de conception.

Ensuite vient une phase de conception préliminaire, qui repose aujourd'hui sur une approche incrémentale. Fondée sur le principe d'essais et corrections, elle propose :

1. d'émettre des hypothèses et des choix de conception,
2. de modifier les choix proposés afin d'assurer une cohérence avec l'ensemble des règles du processus,
3. de valider les choix réalisés afin de définir la solution préliminaire.

Les essais et corrections successifs sont supposés faire émerger des choix pertinents, et le niveau de performance des solutions augmente avec le nombre d'itérations.

Les outils actuellement disponibles sont nombreux, selon la nature du produit à concevoir et les disciplines des sciences pour l'ingénieur concernées (mécanique des solides ou des fluides, thermique, dynamique, etc...). Mais ces outils sont lourds à mettre en place car le temps de définition du modèle, le temps de résolution et le temps d'analyse des résultats sont importants. Ils font souvent appel aux compétences d'un spécialiste.

Cette complexité rend difficile leur utilisation comme aide à la conception et l'ingénieur utilise bien souvent des modèles simplifiés, des règles métiers, son savoir-faire, ou l'existant. Il est clair que la mise au point de méthodes et d'outils limitant les itérations et par conséquent le temps et le coût de développement serait particulièrement utile.

## Conception inversée intégrée

Une approche originale allant dans ce sens tout en améliorant la performance des solutions proposées a été développée dans le cadre d'une collaboration entre le LIPSI et le LEPT (ENSAM et Bordeaux-1). Cette démarche est appelée la *Conception Inversée Intégrée* (CII).

La CII est :

1. une démarche : elle est destinée à déterminer rapidement des solutions de conception préliminaires optimales tout en réduisant les coûts et les délais,
2. une méthodologie : elle conduit à la traduction des règles du processus de conception sous forme de règles particulières (appelées contraintes)
3. un outil : il est utilisé pour rechercher les solutions.

La Conception Inversée Intégrée n'est pas une démarche incrémentale reposant sur le principe d'essais-corrections. Elle formalise un processus direct qui permet l'émergence de solutions qui respectent les lois de la physique, les règles métiers, les objectifs de conception spécifiés dans le cahier des charges et les critères de performance. Utiliser conjointement les règles métiers et les lois de la physique pour trouver des solutions est une manière de mettre en place la démarche de conception intrégrée. La démarche inversée, à l'inverse d'une démarche classique qui suppose d'émettre des choix et de vérifier leur cohérence par rapport aux objectifs attendus, propose la détermination des solutions à partir des spécifications du cahier des charges.

La CII intègre un outil basé sur des techniques extraites du domaine de l'intelligence artificielle. Elle fonctionne, notamment, autour d'un modèle du raisonnement à base de contraintes, qui représentent l'ensemble des règles utilisées dans le processus de conception préliminaire.

Les solutions sont déterminées à partir d'une technique de calcul combinatoire dont le mécanisme est basé sur la satisfaction de toutes les contraintes, c'est-à-dire de toutes les règles intégrées dans le modèle de raisonnement. La technique de résolution par satisfaction de contraintes (CSP, *Constraint Satisfaction Problem*), empruntée à l'informatique et à la recherche opérationnelle, garantit de déterminer, si elles existent, les valeurs respectant toutes les contraintes.

Il faut donc modéliser le problème de conception par un ensemble de contraintes, un ensemble de variables et un ensemble de domaines de valeurs de types différents. On utilise des valeurs floues et ou d'intervalles pour la représentation de l'imprécis et de l'incertain. De plus, on fait appel à des techniques de réduction de modèles pour l'écriture peu dense sous forme de contraintes des lois non algébriques (plans d'expériences, réseaux de neurones, non-prise en compte du couplage entre phénomènes, etc.).

Cette modélisation achevée, le traitement s'effectue en deux phases :

- la phase de filtrage (ou pré-traitement), qui procède à une réduction des champs de valeurs déclarés. Les domaines restreints qui en résultent contiennent des valeurs pouvant rentrer dans une solution,
- la phase de traitement proprement dit, qui permet de déterminer les combinaisons de valeurs compatibles : il s'agit des solutions.

Il faut souligner que la CII a déjà été validée sur des problèmes industriels réels, notamment dans le cadre de la conception d'appareils à pression. De même, la phase de simplification de modèles a été expérimentée et affinée sur un exemple en taille réelle, la conception d'une plaque raidie. Le même exemple et une autre collaboration dans le domaine de la chaudronnerie ont permis de commencer à affiner l'acquisition des règles de comportement et la capitalisation des savoir-faire.

Enfin, la CII est au centre du projet CO2 (Contraintes en conception), labélisé RNTL, qui fournit le cadre institutionnel et le financement d'une bonne partie de notre travail actuel.

### **Objectifs concrets**

La mise au point de la CII constituait notre premier objectif, maintenant largement réalisé. Nos recherches se poursuivent maintenant selon plusieurs axes, dont chacun est lié à un domaine d'activité particulier et donne lieu à un partenariat industriel et à la préparation d'une thèse.

Le premier concerne la capitalisation des règles métiers et les approches d'estime du produit. Les sensations liées à l'utilisation du produit et les règles métiers sont traduites à l'aide de deux approches :

1. l'utilisation de valeurs hétérogènes permet une bonne formalisation des approches imprécises et incertaines. Dans ce cadre sont utilisées conjointement les représentations floues, qualitatives (intervalles numériques, signes) et linguistiques,
2. les techniques de réduction de modèles permettent d'exprimer les lois garantes des connaissances métiers et des approches d'estimes liées au produit.

Pour ce travail, le cadre retenu est la conception de produits de sports de glisse, et notamment de snowboards.

Le second concerne la traduction sous forme de modèle algébrique peu dense des lois de la physique dans un domaine donné. Le cadre retenu pour cette étude est celui de la conception de produits aéronautiques.

Deux autres thèses sur des sujets connexes sont en cours au LEPT, à la définition desquelles l'équipe du LIPSI a été associée.

### **Perspectives**

Nos perspectives à court et moyen terme sont largement déterminées par les objectifs décrits ci-dessus et par notre participation au projet RNTL CO2.

Au-delà, nous souhaitons participer au développement d'outils de résolution de contraintes (CSP) mieux adaptés aux besoins de l'ingénierie mécanique, ce qui nécessite un partenariat avec des spécialistes de l'informatique.

Nous nous intéressons aussi au développement des méthodes numériques, pour aller éventuellement au-delà des méthodes par éléments finis traditionnelles. En particulier, nous avons engagé des contacts en vue d'un partenariat avec des industriels et des laboratoires universitaires dans le domaine de l'usinage à grande vitesse : il s'agit à la fois de proposer une démarche globale de conception dans ce cadre, et de travailler aux problèmes spécifiques de réduction des modèles numériques induits par la problématique de l'usinage. Le cadre retenu pour ce partenariat est la demande de PPF présentée par M. Danis (LGM, Bordeaux-1) avec les laboratoires de mécanique bordelais.

### **Fiche technique**

La CII émerge de la thèse de doctorat (ENSAM, LEPT et LIPSI) de Xavier Fischer, soutenue en 2000, dirigée par Jean-Pierre Nadeau (LEPT) avec le concours de Pierre Joyot (LIPSI), et financée par l'ESTIA. Les différentes étapes de validation industrielle au cours de cette thèse ont été menées en partenariat avec des entreprises du domaine de la chaudronnerie.

Le développement actuel de la CII se fait largement dans le cadre d'un partenariat entre le LEPT (ENSAM) et le LIPSI, au sein du projet RNTL CO2 (Contraintes en conception). Ce projet, qui court sur la période 2002-04 regroupe, outre le LEPT et le LIPSI les laboratoires LIP6 et IRIN et les industriels Dassault Aviation et CRIL Technologie.

Les thèses récemment entamées au LIPSI sur l'affinement de la CII dans les domaines de la capitalisation des règles métiers en conception de produits de glisse, et de la réduction de modèles en conception de produits aéronautiques, sont préparées par Raphaëlle Doré et Yoann Vernat. Ces deux thèses sont dirigées, au sein de l'Ecole Doctorale de l'ENSAM, par J.-P. Nadaud (LEPT) et encadrées au LIPSI par X. Fischer. Les travaux de R. Doré sont financés par la Communauté d'Agglomération Bayonne Anglet Biarritz, et ceux de Y. Vernat par le projet RNTL CO2.

### **Publications**

1 thèse soutenue [T3] et 2 thèses en cours ; 6 publications internationales [A2-A7] ; 5 conférences internationales [C1, C2, C4, C6, C8] ; 5 conférences françaises [CF1, CF3, CF6, CF10, CF11] ; 3 autres présentations [D1, D2, D4].

## 2 Modélisation du processus de conception

L'axe modélisation du processus de conception occupe une position tout à fait centrale au sein du LIPSI. Il s'intéresse en effet à la conception de produit en se focalisant non pas sur le produit à concevoir mais sur les moyens permettant d'obtenir ce produit. Il s'appuie donc sur les connaissances des concepteurs pour modéliser leurs actions et concevoir des outils d'assistance qui les accompagnent dans ce processus. Le développement de ces outils impose également de se confronter à la problématique de la visualisation pour les concepteurs.

L'accent est mis sur l'étude des processus de conception et sur la prise en compte des multiples facteurs venant influencer les concepteurs dans leurs activités : organisation, coordination, méthodes de travail, compétences collective, ... 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,
- l'environnement informatique qui doit dépasser son rôle traditionnel d'outil pour devenir une réelle assistance à la conception.

Les deux sous-thèmes que constituent la modélisation des connaissances et les environnements d'assistance venant opérationnaliser cette modélisation en vue d'améliorer les processus de conception traduisent notre volonté de positionnement à mi-chemin entre l'étude spécialisée d'un domaine précis et la recherche de solutions opérationnelles. Cela se traduit par des partenariats avec des laboratoires spécialisés, soit dans le domaine de la productive et de la conception, soit dans le domaine des architectures logicielles. Un premier projet d'envergure, dénommé IPPOP et labellisé par le RNTL, a vu le jour récemment et illustre parfaitement ce principe.

### 2.1 Modélisation des connaissances

#### Positionnement du problème

Notre domaine d'investigation concerne la modélisation et la capitalisation des connaissances en conception de produits manufacturés en vue d'améliorer les processus de conception. La performance d'une entreprise dépend de plusieurs facteurs, tant internes (organisationnels, technologiques, économiques, socioculturels), qu'externes (le marché, la concurrence, le réseau de partenaires).

Si les processus de production ont été étudiés depuis longtemps, il est désormais reconnu que la 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 délais de développement et des prix de revient ; mais aussi de façon plus stratégique par l'extension de la notion de *qualité* pour une amélioration continue et à long terme de ces processus intégrant de nouvelles dimensions dans le management des hommes et des projets.

Ainsi, l'amélioration des processus de conception peut être étudiée à travers différents points de vue :

- la modélisation des processus à l'aide d'approches telles que l'ingénierie concourante ou l'ingénierie simultanée par exemple, en fonction de la stratégie adoptée par l'entreprise pour la conception,
- l'étude de l'organisation des ressources et des hommes dans le cadre des approches précédentes ; cette étude met souvent en avant l'importance de l'organisation projet en conception, surtout dans le cadre de l'entreprise étendue,
- l'étude des moyens à mettre en œuvre pour faciliter les activités des concepteurs, dans leurs dimensions méthodologiques, techniques et relationnelles.

Les travaux actuels dans ce domaine portent d'une part sur la gestion coopérative des acteurs, dans des situations de projet de conception, du niveau le plus large, celui du projet vu dans son ensemble, au niveau le plus bas, qui s'intéresse à la coordination des individus [J.C. Bocquet, LPL, Centrale Paris ; M. Tollenaere, GILCO, INP Grenoble ; S. Dameron-Fonquernie, CREPA, Dauphine]. D'autre part, les interactions entre les individus sont étudiées pour comprendre les situations d'émergence des solutions de conception [O. Garro, M3M, UT Belfort-Montbéliard].

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 vastes systèmes d'information. Il s'agit donc de savoir identifier les connaissances pertinentes, de les stocker, de les exploiter et de les maintenir à jour. Les centres d'intérêt deviennent la connaissance collective, la conservation des savoirs et surtout des savoir-faire.

### **Objectifs concrets**

En pratique, nous concevons des modèles de connaissances visant à rendre opérationnels des modèles décrivant un système ou un processus de conception. Les travaux devant mener à la réalisation d'un système informatisé de

grande ampleur mettant en œuvre ces modèles sont décrits dans la section 2.2 ci-dessous.

Pour la conception des modèles proprement dite, nous nous appuyons aussi bien sur l'ingénierie des connaissances pour définir ou exploiter des méthodologies de modélisation que sur les modèles propres à chaque domaine que nous étudions, par exemple les modèles GRAI R&D pour l'approche GRAI Ingénierie.

Ces modèles sont destinés à être instrumentés de façon à :

- permettre la mise en œuvre d'une méthodologie particulière de conception ou de gestion de la conception, visant à améliorer la coordination des acteurs, ou la structuration de projets,...
- venir accompagner l'application de méthodes de travail particulières destinées à améliorer certains types d'activités lors de coopérations entre les acteurs,
- enfin donner aux acteurs l'accès aux connaissances dont ils ont besoin dans leurs activités au moment opportun, à partir d'informations capitalisées et archivées.

Nous cherchons à décrire les mécanismes internes des modèles décrivant le système de conception proposé par l'approche GRAI Ingénierie. En particulier nous devons déterminer comment ce système est structuré en centres locaux de décision, pilotant des centres locaux de conception : les premiers déterminant comment l'on doit concevoir, et les seconds transformant la connaissance relative au produit et à son processus d'obtention. Nous en déduirons les flux d'information et caractériserons la nature de ces informations afin d'assurer la modélisation des connaissances nécessaires à la conduite des processus de conception dans l'entreprise.

### **Résultats acquis**

Nous nous sommes appuyés sur les travaux du LAP (Université de Bordeaux I) et en particulier sur la modélisation du système de conception proposée par Ph. Girard dans l'approche GRAI Ingénierie. Ces travaux ont pour objectif d'améliorer la performance du système de conception en s'appuyant sur une structuration du système de conception par la décision. 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.

- 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.

Ces modèles permettent d'assurer une capitalisation *au fil de l'eau* 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.

Nous nous appuyons sur plusieurs cas d'étude industriels pour confronter les modèles décrivant le système de conception, ses mécanismes et les modèles de connaissances proposés à différents processus de conception industriels, et en particulier nous menons une expertise au sein de l'entreprise MMP, important sous-traitant aéronautique concevant et réalisant des injecteurs et des ensembles hydrauliques.

Ces travaux ont amené à la constitution d'un projet d'envergure nationale, dénommé IPPOP (Intégration Produit-Processus-Organisation pour l'amélioration de la Performance en ingénierie), déposé dans le cadre des appels d'offre du RNTL (Réseau National des Technologies Logicielles) en 2001 et labellisé depuis. Le projet IPPOP constitue le cadre dans lequel sont développés les travaux rapportés dans la section 2.2.

## **Perspectives**

La première perspective, la plus naturelle, est l'implémentation informatique de nos modèles et leur confrontation opérationnelle avec des situations réelles. Ce travail est, en fait, déjà entamé, on se rapportera à la section suivante.

Pour ce qui concerne la méthodologie, deux mots-clés caractérisent nos perspectives de recherche : collaboration et facteur humain ; et SGDT (systèmes de gestion de données techniques).

Nos travaux nous ont amené à identifier la collaboration au sein d'une équipe de concepteurs comme un élément important de coopération mais aussi de coordination, pour lequel cependant, peu d'informations existent qui puissent être exploitées dans le cadre de la conduite. Des contacts seront recherchés avec des laboratoires orientés sur la problématique de la collaboration entre individus, pour modéliser les connaissances en jeu dans ces situations et par la suite, pour enrichir les environnements informatiques facilitant cette coopération.



A travers l'étude des processus de conception et la conception d'environnements informatiques d'assistance, notre vision englobe les systèmes d'information déjà présents dans l'entreprise et en particulier, dans le domaine de la conception, les SGGT. Certains résultats ont montré la différence d'approche entre une modélisation des processus orientés activités, permettant de décrire un système, et une modélisation orientée documents, mise en œuvre par certains SGGT via leurs moteurs de *workflows* [B. Eynard, LAS-MIS, UT Troyes, et Ch. Merlo, LIPSI, ESTIA]. Nous envisageons d'étudier les mécanismes de transfert d'une approche à l'autre en vue de dégager une méthodologie de ré-ingénierie des processus de conception gérés à travers un SGGT, mais aussi d'évaluer l'apport de moteurs de workflow dynamiques pour faciliter la flexibilité des processus en fonction des évolutions du contexte dans les projets de conception.

### **Fiche technique**

La modélisation des connaissances pour l'amélioration des processus de conception a été initiée dans le cadre d'une thèse réalisée par Christophe Merlo au LIPSI et au LAP (Bordeaux 1) sous la direction scientifique de Guy Doumeingts et l'encadrement de Philippe Girard, qui devrait être soutenue en 2002.

La société MMP, auprès de laquelle la première application de validation a été réalisée en 2001, est un important sous-traitant aéronautique situé à Ogeu concevant et réalisant des injecteurs et des ensembles hydrauliques pour la plupart des donneurs d'ordre de ce secteur d'activités.

### **Publications**

1 thèse en cours ; 4 conférences internationales [C3, C5, C10, C11] ; 5 conférences françaises [CF2, CF4, CF5, CF7, CF8] ; 1 article de vulgarisation [V2] ; 2 autres présentations [D3, D5].

## **2.2 Environnements d'assistance**

### **Positionnement du problème**

Etroitement liée au thème précédent, la conception d'environnements informatiques adaptés s'avère indispensable pour gérer le volume important d'informations que représente la mise en œuvre de modèles de connaissances. Dans le domaine de la conception, la gestion des informations techniques et la capitalisation de connaissances relatives au produit constituent des axes centraux dont l'importance n'est plus à démontrer.

Les systèmes d'information conçus pour répondre à ces problématiques s'appuient sur des technologies en constante évolution et faisant appel aux concepts les plus récents de l'architecture des systèmes distribués et du

génie logiciel. Construits à partir des techniques de l'ingénierie des connaissances, ces systèmes peuvent être destinés à capitaliser la connaissance et à constituer des mémoires d'entreprise. Axés sur les notions de partage de l'information et du travail coopératif, ils présentent des similitudes avec les collecticiels (ou *groupwares*) et avec les SGDT.

De tels systèmes d'information doivent assurer le stockage des informations, contrôler leur accès par des utilisateurs, gérer leur évolution, mais aussi offrir aux utilisateurs les fonctions et les informations dont ils ont besoin au moment où ils en ont besoin, et cela en utilisant les formalismes adéquats. Dans le cadre des processus de conception, le système d'information nous paraît devoir accompagner les acteurs tout au long de leurs activités, qu'elles soient associées à une mission précise, ou au processus tout entier.

### **Objectifs concrets**

En ce sens, nous portons nos efforts sur la conception d'environnements d'assistance, c'est à dire de systèmes informatiques présentant les caractéristiques suivantes : ce sont simultanément des systèmes à base de connaissances et des systèmes d'information, avec une vocation collaborative, et dotés des capacités d'anticiper les besoins des acteurs.

En ce sens nous réalisons l'étude d'un tel environnement à partir de la modélisation du système de conception et des connaissances décrits précédemment (Section 2.1) et nous prêtons particulièrement attention à :

- l'identification des actions susceptibles de réaliser des pré-traitements pour les informations utiles aux acteurs,
- la caractérisation des traitements automatisables,
- la prise en compte du profil et des habitudes de chaque acteur pour améliorer les interactions homme-machine et le comportement des actions qu'il déclenche ou qui le sollicitent,
- l'établissement de relations personnalisées entre le système informatique et l'acteur.

Une fois établies les maquettes opérationnelles, qui ont pour objectif de définir une architecture logicielle à vocation collaborative, susceptible de supporter l'approche GRAI Ingénierie de conduite de la conception, nous les validerons à l'aide de scénarios établis avec des industriels dans le cadre du projet IPPOP. Ce prototype intégrera les différents composants logiciels supportant les modèles produit, processus et conduite fournis par les autres laboratoires membres de IPPOP.

## **Résultats acquis**

Cette étude, qui a suivi la première validation des modèles de connaissances développés au LIPSI (voir la section 2.1), n'a démarré qu'à l'automne 2001. Elle a retenu, pour l'heure, le principe de l'utilisation, dans l'architecture logicielle, du concept de multi-agents. Pour l'assistance directe aux acteurs, des tâches automatisables seront confiées à des multi-agents, et ces derniers seront associés aux acteurs pour qu'ils puissent les représenter lors d'actions de contrôle, de validation ou de choix.

## **Fiche technique**

Cette thématique est en phase de démarrage avec le lancement des travaux de Raphaël Michel, en collaboration avec le LIUPPA (UPPA) et sous la direction de Franck Barbier.

Ce travail se situe dans le cadre du projet IPPOP (Intégration Produit-Processus-Organisation pour l'amélioration de la Performance en ingénierie) soutenu par le RNTL (2002-2005). Les autres participants de ce projet sont des laboratoires de mécanique et de productique (le LAP et le LMP à Bordeaux, le L3S à Grenoble, le LASMIS à l'UT de Troyes et le CRAN à Nancy) et des entreprises (OpenCascade, Alstom Moteurs et EADS-CCR).



### 3 Visualisation pour l'aide à la conception

Un des enjeux de la visualisation est de l'appliquer à un système lors de sa conception pour *mieux le concevoir*. Système doit être pris ici dans son sens le plus général, ce peut être une pièce mécanique, un assemblage, un procédé, un processus ou un service. Qu'entend on par *mieux concevoir* ? Concevoir plus vite, plus facilement, plus économiquement et/ou de manière plus fiable. Trois problématiques peuvent alors être soulevées : la validation de cette conception, la puissance de l'interaction entre le concepteur et le système et la pertinence du type de visualisation. Ces problématiques sont illustrées par nos travaux rapportés dans la section 3.1.

Un autre enjeu de la visualisation est de donner une meilleure perception d'un phénomène. Une manifestation classique de cette approche est l'utilisation de la visualisation pour l'aide à la formation, au moyen de simulateurs. Les avantages des simulateurs d'entraînement sont bien connus, puisqu'ils permettent notamment une expérimentation sans danger, relativement peu coûteuse, et paramétrable à volonté de situations dangereuses ou extrêmes. Les contributions du LIPSI dans ce domaine sont présentées dans les sections 3.2 et 4.2.

Tous ces travaux appellent une réflexion plus vaste sur la notion de visualisation d'informations, qui questionne à la fois la nature de l'information considérée, la pertinence de telle visualisation par rapport à telle autre, et l'ergonomie de la visualisation. Cette réflexion est menée par un groupe de chercheurs, dont des chercheurs du LIPSI, issus de la communauté *Visualisation d'information* dans le cadre de deux projets nationaux Cigogne<sup>2</sup> (Action Concertée Incitative Cognitive du Ministère de la Recherche), et InfoVis<sup>3</sup> (Action Spécifique du département STIC du CNRS).

#### 3.1 Visualisation et interaction en conception

Pour valider une conception, il est classique de faire une simulation de cette conception. Les résultats de la simulation permettent non seulement de valider la justesse de la conception, mais au-delà de l'optimiser en revenant sur la conception initiale par une approche virtuelle expérimentale. S'aider d'une visualisation pour concevoir c'est être capable de visualiser les actions de conception. C'est donc permettre au concepteur de visualiser en temps réel le système au fur et à mesure de son élaboration. Autrement dit, de prendre en compte l'interaction entre le concepteur et la représentation visuelle de l'objet en cours de conception, plus généralement de prendre en compte l'interaction homme-machine (IHM). Les travaux présentés en 3.1.1 vont en ce sens.

---

<sup>2</sup><http://www.lirmm.fr/~melancon/cigogne/>

<sup>3</sup>[http://www.cnrs.fr/STIC/html/action/actions\\_du\\_departement-AS.htm](http://www.cnrs.fr/STIC/html/action/actions_du_departement-AS.htm)

Au-delà des interactions classiques par l'intermédiaire de la souris et du clavier, nous nous intéressons à d'autres types d'interacteurs. Plus particulièrement à l'interaction par l'intermédiaire d'icônes tangibles (on dit aussi physiques) dans le cadre de la visualisation de scènes en trois dimensions. C'est l'objet du travail présenté en 3.1.2.

Notons enfin, qu'un des approfondissements des travaux sur SIMAPI présentés en 4.2 dans le cadre de la simulation environnementale concerne également la simulation pour l'aide à la conception, plus précisément la conception d'une usine d'incinération. On envisage en effet d'intégrer au simulateur existant des algorithmes d'optimisation et de les associer à une manipulation virtuelle des différents éléments de l'usine (broyeur, four, cheminées) dans le but de concevoir idéalement l'usine la plus performante pour le meilleur coût pour un ou plusieurs déchets donnés.

### **3.1.1 Simulation**

#### **Positionnement du problème**

Il s'agit ici de travailler sur l'intégration de la simulation et de la visualisation pour optimiser la conception. L'enjeu est donc que simulateur et visualisateur interagissent efficacement. Le problème est double : il faut à la fois travailler sur la simulation numérique et donc sur la modélisation du système à concevoir, et produire une visualisation pertinente de ce même système au cours du temps tout en favorisant une interaction de l'utilisateur sur cette visualisation qui puisse être immédiatement prise en compte par le simulateur.

#### **Objectifs concrets**

Nous étudions la problématique présentée ci-dessus dans le cadre de la conception de circuits.

La société Algotech'Informatique a développé un logiciel de schématique électrique, ElecView, spécialisé dans le dessin et la conception intégrant un simulateur basique parfaitement adapté aux bureaux d'études et aux services de maintenance. Elle travaille à la définition d'une nouvelle version ambitieuse et novatrice d'ElecView, intégrant plus étroitement encore la DAO/CAO, la numérisation de schémas et la simulation de réseaux pour estimer le comportement physique des installations et ainsi optimiser leur coût de conception. Un partenariat existe depuis 1999 entre Algotech'Informatique et notre laboratoire.

Les logiciels actuels de schématique électrique, tels que AlpageD ou Dselect, sont dédiés à la représentation graphique des schémas de principe des installations électriques mais ne permettent pas leur simulation. Les logiciels de simulation électrotechnique existants, comme Simplorer, sont

eux dédiés à l'étude du fonctionnement des machines électriques mais pas de l'installation complète.

Notre objectif est de lier schéma électrique et simulation pour permettre de modifier le schéma pendant la simulation d'une manière interactive et rapide. Nous recherchons donc une grande interactivité entre le concepteur et son schéma. Il faut en conséquence mettre en place un modèle et une résolution numérique de ce modèle particulièrement efficace. Nous travaillons sur l'écriture de modèles de composants robustes et d'une méthode permettant de simuler un schéma à partir de ces modèles qui donne des résultats absolument fiables mais pas forcément très précis. En effet, dans le cadre de ce type de conception propre aux bureaux d'études, on peut se contenter de tendances.

On notera que les domaines de l'hydraulique et du pneumatique sont régis par les mêmes équations fondamentales : les mêmes techniques de simulation ou de résolution applicables à l'électrotechnique sont de ce fait adaptables à ces deux autres domaines. Aussi, nous veillons à mettre en place un modèle simulable suffisamment générique pour traiter des circuits électriques, pneumatiques, hydrauliques ou mixtes.

## Résultats acquis

L'étude de faisabilité de cette intégration DAO/simulation a permis de clarifier la définition des besoins de l'entreprise dans la réalisation d'un tel simulateur et à exprimer les problèmes inhérents à sa réalisation.

La tâche suivante a été de modéliser les composants électrotechniques – moteurs, transformateurs, disjoncteurs, sources – nécessaires à la simulation. Aujourd'hui une cinquantaine de composants sont modélisés.

Outre l'analyse et la simulation classique (au sens où elle est commune à tous les logiciels de simulation) des circuits en régime permanent et fréquentiel, nous proposons une analyse plus originale : une analyse événementielle des circuits. Ce mode d'analyse permet de reproduire les réactions d'un circuit à des stimuli définis par l'utilisateur. Pour aboutir à ce type d'analyse, nous avons modélisé le comportement séquentiel des équipements ainsi que certains phénomènes transitoires.

Le travail de recherche présenté a déjà trouvé plusieurs applications. Il a très logiquement enrichi le logiciel Elecview de la société Algotech'Informatique, mais il a également servi à la simulation des installations de distribution et de protection HT-BT des hôpitaux de Lyon. Par ailleurs les travaux appliqués que nous menons contribuent à l'intégration et à la coopération de notre simulateur avec un simulateur de ligne Haute Tension.

## **Perspectives**

Pour permettre la simulation des régimes transitoires de tous types de circuits et l'extension de notre domaine d'étude à l'électronique de puissance avec des circuits de type redresseur ou onduleur, il est nécessaire d'enrichir la base de composants électrotechniques, notamment par des composants non linéaires.

Nous envisageons également d'utiliser les technologies et les méthodologies éprouvées du domaine de l'IHM pour mieux cerner les apports de la visualisation rejoignant en cela les préoccupations de la communauté Info-Vis. Nous compléterons ce travail par une réflexion déjà entamée dans le cadre du projet CalCo (développé au LaBRI, entre autres par N. Rouillon-Couture) sur l'intérêt de l'intégration de la visualisation et du calcul.

## **Fiche technique**

Ces travaux ont démarré en 1999 par un mémoire de DEA d'informatique de l'Université Bordeaux 1 (co-dirigé avec Maylis Delest et Jean-Philippe Domenger, LaBRI). A la suite de ce DEA, plusieurs sujets de thèses ont été proposés par N. Couture (LIPSI). La première thèse commencée à la fin de l'année 2000 fournit la matière du travail présenté ci-dessus. Elle est financée par la Communauté d'Agglomération Bayonne Anglet Biarritz, menée par Fabien Legrand, et dirigée conjointement par Hervé Lévi (IXL) pour la partie modélisation des composants et par Nadine Couture (LIPSI) pour la partie informatique. Ce travail pluridisciplinaire alliant modélisation physique et informatique des composants en électricité, électrotechnique et électronique ainsi que la programmation orientée objet a pour sujet d'étude la " modélisation de circuits électriques - extensible aux circuits hydrauliques et pneumatiques - et la réalisation d'un simulateur générique ".

La deuxième thèse proposée, centrée sur l'architecture logicielle du simulateur, a débuté avec un contrat CIFRE (LaBRI, LIPSI, Algotech) en 2000, mais a été interrompue fin 2001 pour des raisons financières liées à une crise de l'entreprise.

Enfin, la troisième thèse proposée est en cours au LIUPPA, sous la direction de Guy Gouardères et de Philippe Aniorté. Elle consiste en partie à étudier sur la migration d'ElecView vers une architecture distribuée reposant sur un modèle client/serveur.

Les travaux menés au LIPSI le sont en étroite collaboration avec Jacques Péré-Laperne responsable de la société Algotech'Informatique conceptrice et distributrice d'Elec'view. Algotech'Informatique a par ailleurs confié au LIPSI en la personne de Fabien Legrand une partie de la réalisation du projet Eureka PRO-DL, concernant le développement d'un simulateur pour une nouvelle protection différentielle de ligne. Ce projet associe par ailleurs l'entreprise espagnole Fanox Electronic (Biskaia) et Red Electrica Española,



société de transport de l'énergie électrique.

## Publications

1 thèse en cours.

### 3.1.2 Interaction tri-dimensionnelle entre l'Homme et la Machine

#### Positionnement du problème

Le contexte général de cette étude est l'interaction avec l'ordinateur. Les premiers travaux sur ce sujet ont été menés par le Massachusetts Institute of Technology (MIT) à Cambridge, USA au début des années 1990.

Certaines applications (médecine, architecture,...) demandent d'interagir directement avec l'objet numérique. Supprimer les intermédiaires entre l'objet et l'utilisateur permet des manipulations plus intuitives qui, par conséquent, nécessitent un apprentissage moindre.

Les intermédiaires entre l'utilisateur et l'objet numérique qui permettent la manipulation sont : l'ordinateur, l'application informatique, l'interacteur, et la visualisation (ou affichage).

L'interacteur se définit comme un périphérique (souris, gants, etc.) permettant de transmettre des informations à un ordinateur dans le but de générer des événements qui seront interprétés par les applications. L'ensemble interacteur-ordinateur-application-affichage constitue l'interaction entre l'homme et l'objet.

D'un point de vue cognitif, il apparaît (par exemple, dans la présentation de plates-formes émergentes pour les Interfaces tangibles par B. Ullmer et H. Ishii en 2000) que les interacteurs classiques (souris, clavier) créent une frontière entre l'objet et l'utilisateur. Les recherches dans le domaine de l'interaction homme-machine (IHM) tendent à réduire cette frontière voire à la faire disparaître. Nous nous intéressons plus particulièrement à l'interaction dans le cadre de la visualisation de scènes en 3 dimensions. L'interacteur classique, la souris, est clairement limité puisque une souris décrit l'espace en deux dimensions. De plus, elle " pointe " un objet dans un repère relatif (l'écran) et non pas dans un repère absolu (l'espace) par ailleurs nécessaire dans un contexte en trois dimensions. La problématique est donc la suivante : *Quelle est la bonne interaction en 3D ?*

#### Objectifs concrets

Pris en ces termes (*quelle est la bonne interaction en 3D ?*), un tel sujet serait trop vaste. Nous limitons notre champ d'étude en nous intéressant au domaine de la conception. Plus particulièrement nous souhaitons prendre en compte le *savoir-faire* manuel, les compétences métiers. Nous souhaitons

donc imaginer des métaphores réelles pour prendre en compte le geste réel, autrement dit le geste naturel.

Plus précisément, nous souhaitons proposer des interacteurs pour les utilisateurs ciblés que sont les concepteurs travaillant avec des outils de CAO (Conception Assistée par Ordinateur). Nous souhaitons donc mettre en place un système reposant sur le paradigme de la Réalité Augmentée pour la CAO. C'est à dire manipuler des objets virtuels (pièces mécaniques, électrotechniques ou appareillage dans le cadre de procédés) par l'intermédiaire d'objet réels.

Par rapport à l'aspect cognitif de ce travail, nous proposons de respecter le geste réel (ou naturel) espérant ainsi tendre vers un système ne nécessitant aucun apprentissage.

Plus concrètement, et en parallèle au travail de fond présenté ci-dessus, nous voulons concevoir et réaliser une plate-forme exploratoire pour la manipulation d'icônes tangibles permettant d'expérimenter les résultats théoriques.

Du fait des compétences et de l'historique du LIPSI, les champs d'application de ce travail seront les simulateurs avec lesquels nous sommes familiers, notamment SIMAPI (cf. section 4.2) et Elecview (section 3.1.1).

### **Résultats acquis**

L'étude d'une plate-forme pour la validation des résultats théoriques a été réalisée. Il s'agit de concevoir une plate-forme expérimentale permettant de manipuler des icônes tangibles (des cubes dans un premier temps) en respectant les gestes naturels et de visualiser sur un PC ces manipulations en temps réel. Les icônes tangibles sont positionnées manuellement dans un espace réservé. Sur la plate-forme informatique associée à la plate-forme exploratoire, ces objets sont modélisés ou visualisés par un logiciel de DAO. L'utilisateur peut déplacer ces icônes dans cet espace réservé. La plate-forme informatique affiche alors à l'écran les modifications de positionnement et d'orientation en temps réel. Le déplacement n'est pas forcément visible en temps réel. En revanche, les situations finales des icônes tangibles sont affichées en temps réel. Cette plate-forme est destinée en priorité à l'équipe de recherche mais la dimension commercialisation a été prise en compte dans l'étude.

### **Perspectives**

Ces travaux sont encore en phase de démarrage. Pour leur donner davantage d'ampleur, nous souhaitons mettre en place pour le début de l'année 2003 une association, si possible autour d'un projet concret et financé, avec un grand éditeur de CAO.

## Fiche technique

Ces travaux démarrés en 2001 reposent sur un projet d'étudiant de deuxième année ESTIA (pour la mise en place de la plate-forme exploratoire) et sur une thèse financée par la Communauté d'agglomération Bayonne Anglet Biarritz menée par Ludovic Garreau et dirigée conjointement par Pascal Guitton (LaBRI, Université Bordeaux-1) et par Nadine Couture (LIPSI, ESTIA). Ce travail est simplement intitulé aujourd'hui *Nouveaux Interacteurs*.

## Publications

1 thèse en cours.

## 3.2 Visualisation et formation

L'industrie et les transports utilisent de plus en plus massivement des simulateurs d'entraînement, de plus en plus réalistes et donc efficaces. Cette évolution est rendue possible par la progression permanente de la puissance des machines disponibles, mais aussi par les progrès de l'algorithmique en synthèse d'images et en réalité virtuelle.

Les travaux actuels visent à concilier deux impératifs contradictoires, mais indispensables pour assurer à la fois l'interactivité des simulateurs et leur utilité : d'une part la simulation doit être effectuée en temps réel, donc en respectant un rythme de l'ordre de 25 images par seconde ; et d'autre part les scènes construites doivent être aussi réalistes que possible. Pour répondre à cet impératif de réalisme, il est naturel d'essayer de se fonder sur des modèles fournis par les physiciens. Mais ces derniers recherchent d'habitude des descriptions exactes des phénomènes dont il faut rendre compte, et proposent pour les phénomènes complexes des descriptions basées sur des équations de type Navier-Stokes, qui donnent des résultats très précis mais qui ne peuvent pas être traitées en temps réel. On peut aussi se fonder sur des données cartographiques exhaustives, mais dans le cas de paysages, on se heurte ici aussi à des problèmes de puissance de calcul.

Il faut donc se tourner vers d'autres approches, qui nous donneront une version approchée de la réalité mais qui pourront être implémentées en temps réel. Le LIPSI a travaillé à deux projets de grande ampleur dans ce domaine. L'un, SIMAPI, concerne un incinérateur de déchets et est décrit dans la section 4.2. Ce projet, davantage centré sur l'organisation industrielle de l'incinérateur et sur la détection et le traitement des pannes, met en jeu des scènes d'intérieur, avec des formes essentiellement géométriques et sans personnages, et les contraintes du réalisme y ont été traitées en utilisant notamment des techniques de mappage de texture.

Le second projet, rapporté dans cette section, concerne un simulateur de navigation et de pêche.

## **Positionnement du problème**

Un prototype de simulateur de navigation et de pêche a été développé à l'ESTIA préalablement à la création en 1999 du LIPSI. Ce simulateur a été homologué par l'Inspection Générale de L'Enseignement Maritime (IGEM), et vendu et installé au lycée maritime de Ciboure où il a été régulièrement utilisé (jusqu'en 2000, faute de la création d'un poste affecté à la maintenance de cet outil au Lycée Maritime).

La conception de ce simulateur a fait appel à de nombreuses compétences (voir la thèse de V. Monfort, *Structuration des connaissances et modèle objet*, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 1996) : en génie logiciel d'une part, mais aussi en didactique de l'enseignement maritime. Ce dernier repose avant tout sur l'observation et la capitalisation des connaissances métiers, ce qui permet de cadrer les scénarios pédagogiques qui ont été développés pour ce simulateur. Par contre, les synthèses de scène (mer, côtes, instruments de navigation), si elles respectaient les contraintes de temps réel, manquaient sérieusement de réalisme. Les scènes naturelles étaient pré-calculées à partir de relevés point par point de cartes marines, effectués (presque) manuellement. Le comportement des instruments de bord, la représentation des reliefs (littoral, fonds marins) et les paramètres climatiques (pluie, état de mer) étaient aussi l'objet de scénarios pré-calculés et pas toujours bien corrélés.

Depuis quelques années, le couplage de l'observation par satellite et des relevés in situ permet de mieux appréhender les éléments naturels. Par exemple, le lancement de satellites altimétriques comme TOPEX/Poséidon puis JASON nous donne accès à des données à l'échelle planétaire et de plus en plus précises sur les trois principaux courants marins. C'est également le cas, pour l'observation de l'état de la mer, à partir de la technologie des Radars à Ouverture Synthétique.

## **Objectifs concrets**

Notre objectif a été d'exploiter ces données, dès lors qu'elles devenaient accessibles, pour améliorer autant que possible le réalisme des scènes produites par le simulateur, tant pour les paysages marin et côtier que pour les instruments de bord (radars, sonars, sondeurs).

Nous avons aussi essayé de mettre au point des approches efficaces pour modéliser en temps réel des phénomènes très complexes comme la houle et son interaction avec le vent, les fonds marins et les côtes.

Ces travaux ont été menés en veillant à dégager dans la mesure du possible des éléments réutilisables dans d'autres contextes de synthèse de scènes ou de paysages.

## Résultats acquis

Pour permettre le meilleur impact des améliorations algorithmiques et conceptuelles que nous avons apportées, le simulateur a d'abord été entièrement re-codé en C++.

L'ensemble des algorithmes que nous avons développés pour améliorer le simulateur de navigation et de pêche ont été effectivement implémentés et satisfont à la contrainte de temps réel.

La représentation du littoral et des fonds marins à l'aide des relevés satellites et bathymétriques pose le problème classique de l'occlusion : face à des données exhaustives, il s'agit de minimiser les calculs et en particulier éviter ceux qui concernent des zones invisibles ou trop lointaines. Nous avons mis au point des heuristiques efficaces pour le contexte particulier des paysages côtiers. On notera que ces paysages ont des caractéristiques que l'on retrouve dans certains paysages de montagne.

Pour rendre compte de l'impact des données de vent, de courants marins et d'état de la mer sur le comportement d'un navire, nous nous sommes appuyés sur des modèles issus de la mécanique du navire. Le comportement d'un navire est jugé réaliste par les professionnels de la navigation.

Peu de travaux dans la littérature donnent des éléments qui permettraient une simulation en temps réel de la propagation d'une onde électromagnétique de type radar tenant compte des conditions dues au milieu marin, ni de la propagation d'un ultrason de type sonar et de type sondeur dans l'eau prenant en compte la température, la pression et la salinité de l'eau de mer. Nous avons proposé une modélisation fine de ces phénomènes qui permet une simulation réaliste.

Enfin, nous nous sommes attaqués au problème de la simulation de la houle, et plus généralement de l'état de la mer. La difficulté vient là de la complexité des interactions entre, d'une part, la mer du vent et la houle, et d'autre part, le courant, le vent et les fonds marins. Ceci interdit, pour une simulation réaliste, de traiter ces éléments de façon décorrélée. On se heurte donc rudement aux difficultés liées aux phénomènes de type Navier-Stokes. Nous avons proposé (avec J.-C. Gonzato, LaBRI) des modèles basés sur des équations paramétriques qui permettent de représenter en images de synthèse la houle en pleine mer et près des côtes. Nous avons aussi traité le problème de la continuité entre ces deux types de houle. Nous avons enfin utilisé des modèles stochastiques basés sur les observations physiques qui permettent de représenter en images de synthèse la mer du vent.

Le résultat est une représentation satisfaisante, du point de vue du réalisme, de la houle. Par contre, l'interaction de la mer du vent avec le vent et les courants, et aux abords des côtes, nécessite que nous poursuivions nos efforts. De même, le traitement simultané de l'ensemble des éléments constitutifs d'une scène océane altère encore la fluidité de l'animation.

## **Perspectives**

Des négociations sont en cours avec des fabricants de simulateurs d'entraînement maritime pour transférer tout ou partie des compétences développées au LIPSI dans ce domaine. Il s'agit de la société française Faros et de la société norvégienne Nordcontrol, leader mondial sur ce marché.

Il serait intéressant de reprendre aussi la partie pêche du simulateur dans l'esprit de ce qui a été entrepris pour la partie navigation. En particulier, on peut rechercher un réalisme plus grand du comportement complexe de grands filets dérivants, de leur interaction avec les courants et les fonds, et de leur impact sur le comportement des navires.

Dans la mesure où un simulateur de navigation et de pêche doit mettre en jeu une flottille d'au moins une vingtaine de bâtiments, et où une partie de l'entraînement concerne l'interaction avec les autres bâtiments de la flottille, une architecture à base d'intelligence artificielle générant des comportements aléatoires mais réalistes des autres bâtiments pourrait être un ajout utile au simulateur. De même, le portage du simulateur sur un très grand écran permettant une action collaborative des différents postes de pilotage et de contrôle d'un même bâtiment serait utile, tout en posant des problèmes sans doute difficiles d'algorithmique.

Enfin, nous envisageons d'utiliser les heuristiques développées pour la visualisation des paysages côtiers dans d'autres contextes, notamment pour des paysages montagnards, par exemple pour la réalisation de guides touristiques interactifs.

## **Fiche technique**

Les recherches menées sur la simulation d'entraînement maritime au LIPSI sont réalisés pour l'essentiel dans le cadre de la thèse de Jean-Marc Cieutat, dirigée par Pascal Guitton (LaBRI). Cette thèse a démarré au début de l'année 2000.

## **Publications**

1 thèse en cours ; 1 conférence internationale [C7].

## 4 Simulation environnementale

Les chercheurs du LIPSI s'intéressent également à la conception et à la réalisation d'outils informatiques d'aide à la conception, à la décision, au contrôle-commande et à la formation pour des procédés ou des équipements ayant un impact environnemental fort.

Les projets en cours concernent d'une part la production d'électricité d'origine éolienne, et d'autre part l'incinération des déchets. Dans les deux cas, il s'agit de développer un environnement logiciel simulant de façon physiquement réaliste un équipement et un procédé complet afin de pouvoir

- mieux comprendre le procédé ;
- évaluer sa performance en fonction de paramètres que l'utilisateur peut faire varier sur le modèle ;
- aider à la décision de l'opérateur, du contrôleur ou du concepteur ;
- être utilisé comme outil de formation tant des opérateurs éventuels que des décideurs qui peuvent, le cas échéant, effectuer des choix stratégiques en matière de construction, d'achat, etc.

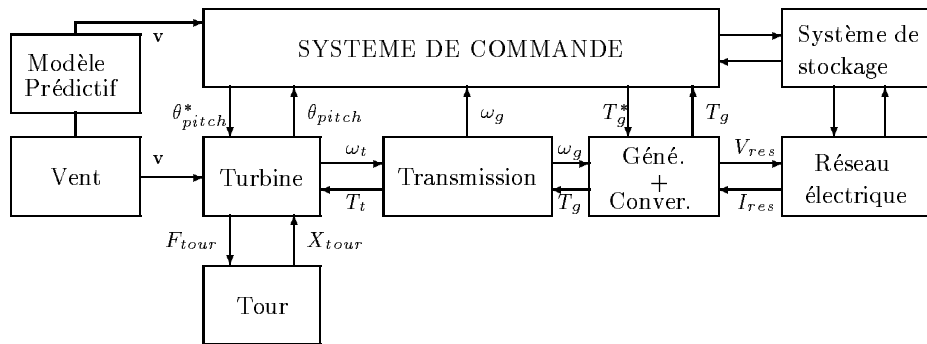
Les deux projets décrits ci-dessous déclinent de façon concrète la plupart de ces objectifs.

La motivation de ces projets n'a pas à être détaillée : la production d'énergies propres et le traitement des déchets correspondent à des enjeux sociétaux importants, et répondent à une demande forte. Si ces projets ont naturellement des différences liées à la nature des procédés et à la taille des installations concernés, ils ont en commun d'avoir une composante de génie logiciel lourde. Il est à noter qu'un effort particulier a été fait pour produire une architecture logicielle modulaire, qui permet de faire varier au maximum les paramètres et les données d'entrée sans remettre en cause l'architecture globale. Des difficultés sans doute communes à tous les projets d'intégration ont été rencontrées (et nous l'espérons surmontées) dans ces projets, du fait notamment de l'utilisation de modèles de nature et de complexité hétérogène, et de la consommation importante de capacités de calcul imposée par le degré de réalisme recherché, qui nécessite une gestion rigoureuse des ressources. Comme il est expliqué ci-dessous, le travail sur les éoliennes a une composante automatique plus forte (commande adaptative notamment) ; alors que la dimension de synthèse d'image, voire de réalité virtuelle et augmentée est importante dans le simulateur d'incinérateur de déchets.

## 4.1 Simulation d'éoliennes

### Positionnement du problème

Les éoliennes modernes sont des systèmes efficaces de conversion de l'énergie cinétique contenue dans le vent en énergie électrique. La structure du système tel qu'on l'aborde est représentée dans la figure ci-dessous. On peut y apprécier la diversité des disciplines impliquées dans l'étude : météorologie, aérodynamique, mécanique, électricité, électronique, automatique, etc. . .



Les principales conditions que doivent remplir les systèmes actuels de génération d'énergie éolienne connectés à des réseaux électriques sont : la croissance du rendement global de l'installation, la limitation de la puissance électrique et de la vitesse de rotation, la qualité de l'énergie électrique générée, la réduction des charges sur le système mécanique, les pales et la tour, la limitation de la vitesse de variation de l'angle de calage des pales.

Les travaux antérieurs ont surtout traité des aspects de commande du générateur (normalement un générateur à induction avec rotor bobiné ou de cage d'écureuil) et de la stratégie de commande de l'éolienne.

Un des aspects les moins traités est l'interaction des perturbations d'origine éoliennes avec le réseau électrique. Jusqu'à maintenant, l'objectif prioritaire des systèmes de commande d'éoliennes a été la génération de la plus grande quantité possible d'énergie, sans prendre en compte la qualité de l'énergie, les consignes d'exploitation provenant des gérants du réseau électrique, l'étude systématique des perturbations d'origine éolico-mécaniques.

Nous nous centrons donc sur l'*optimisation de la qualité de l'énergie injectée au réseau* par l'intermédiaire de l'étude en profondeur du vent, de la turbine, de la transmission, de la génératrice et du réseau électrique.

### Objectifs concrets

Concrètement, notre objectif est de créer une hiérarchie de modèles de plus en plus complexes de toute la chaîne de conversion de l'énergie éolienne (vent,



turbine, multiplicateur, génératrice, convertisseurs, réseau) et d'utiliser ces modèles comme outil d'étude et d'optimisation de la qualité de l'énergie produite. Ce dernier point constitue un des axes novateurs de notre projet. En ce qui concerne la modélisation, nous utilisons des modèles déjà existants pour les parties météorologique, aérodynamique et mécanique pour nous centrer sur la modélisation des parties électrotechnique et d'électronique de puissance. Ces derniers modèles participent aussi des aspects innovants de notre travail.

Au-delà de leur utilisation au LIPSI pour l'étude et l'optimisation de la qualité de la puissance électrique générée par une éolienne, ces modèles seront utilisables tant par des fabricants d'éoliennes, des développeurs de projets éoliens que dans un cadre pédagogique (notamment à l'ESTIA). Ainsi ces modèles devraient permettre de :

- optimiser la conception mécanique des aérogénérateurs, et notamment le multiplicateur ;
- dimensionner la génératrice et les convertisseurs de puissance associés ;
- obtenir le rendement maximum de la part de l'éolienne pour différents types de génératrice et pour différents sites ;
- améliorer la qualité de l'énergie ;
- vérifier si l'électricité produite vérifie les normes de qualité imposées par les gestionnaires du réseau électrique ;
- calculer l'énergie annuelle que produirait un aérogénérateur concret sur un site concret.

La modélisation conduisant à la maquette opérationnelle sera modulaire de telle sorte que les parties météorologiques, aérodynamique, mécanique, et électrique soient indépendantes. Ainsi, par exemple un même modèle mécanique du multiplicateur pourra être utilisé pour modéliser différents aérogénérateurs ayant le même type de multiplicateur.

Une fois ces modèles développés, notre objectif sera l'optimisation de la qualité de l'énergie injectée au réseau. Pour cela, il conviendra de modéliser les commandes de niveau 1 (commande du couple et de la vitesse de la génératrice, commande de la puissance active et réactive échangée par la génératrice avec le réseau) et de niveau 2 (fournissant les consignes de couple, de vitesse et de puissance échangée à la commande de la génératrice).

Parallèlement, des mesures *in situ* permettront l'identification des paramètres sur des éoliennes en fonctionnement. On pourra alors étudier à la fois l'influence de l'électricité générée par les éoliennes sur le réseau électrique, les possibilités d'améliorer la qualité de la puissance électrique ainsi produite en jouant sur la commande de la génératrice et sur un élément moderne de

stockage de l'énergie. Il sera également possible, pour les aérogénérateurs réels modélisés, de vérifier leur capacité à respecter les normes imposées par les gérants du réseau électrique.

### Résultats acquis

Nous avons mené une étude de l'état de l'art sur la simulation d'aérogénérateurs, la commande de ces aérogénérateurs et les problèmes de qualité de la puissance électrique produite par des aérogénérateurs à vitesse variable et à régulation pitch. Une bibliographie est proposée résumant toute l'information et référant les travaux de recherche liés au sujet.

Tous les éléments de l'aérogénérateur ont été modélisés : aéro turbine, transmission de puissance mécanique, génératrice, convertisseurs, réseau. Des algorithmes de commande simples ont été également programmés, permettant la réalisation de premières simulations. Cette phase du travail doit être achevée par la mise en œuvre de modèles du vent, par la réalisation de modèles plus complexes nous permettant d'étudier plus précisément certains aspects, et par la validation de tous ces modèles à l'aide de données techniques liées à des aérogénérateurs réels. On pourra alors passer à la phase d'étude et d'optimisation de la qualité de l'énergie produite.

### Fiche technique

Les recherches menées sur la simulation d'éoliennes à vitesse variable au LIPSI reposent principalement sur une thèse et un projet Aquitaine-Euskadi, qui ont démarré en 2001.

Le travail de thèse mené en co-tutelle par Haritza Camblong sous la double direction de Jean-Rodolphe Puiggali (LEPT, UMR CNRS-ENSAM 8508) et de Miguel Rodriguez (Département d'Electronique de l'Ecole Polytechnique Supérieure de Mondragon) concerne la *minimisation de l'impact des perturbations d'origine éolienne sur la production d'électricité par des aérogénérateurs à vitesse variable*. Cette thèse est co-financée par l'ESTIA et la Communauté d'agglomération Bayonne Anglet Biarritz.

Le projet de recherche Aquitaine-Euskadi est réalisé en collaboration avec le laboratoire d'Automatique de l'Ecole Polytechnique Supérieure de Mondragon. Il consiste en la réalisation d'un *logiciel de simulation d'éoliennes à vitesse variable*.

Les mesures techniques sont effectuées en collaboration avec Valorem (développeur aquitain de sites éoliens) et Ecotecnia (entreprise espagnole de fabrication d'aérogénérateurs et de développement de sites éoliens). Des éoliennes pilotes seront utilisées dans un site en Aquitaine et un autre en Navarre.

## Publications

1 thèse en cours ; 1 conférence internationale [C12] ; 1 conférence française [CF9].

## 4.2 SIMAPI

### Positionnement du problème

Le rôle de la simulation de procédés industriels est largement reconnu lorsqu'elle permet la prise en compte de la sécurité des installations en accord avec les contraintes d'une gestion environnementale. Ceci est particulièrement vrai et d'actualité pour les procédés d'incinération. Le traitement des déchets est d'ailleurs référencé comme une des technologies clés pour l'avenir de la France (numéro 32 de l'annuaire des technologies clés).

Au travers du projet SIMAPI (*SIMulateur Aquitain de Procédés d'Incinération*), une démarche innovante rassemblant plusieurs laboratoires a donc été développée.

Si le recyclage et la valorisation des déchets sont des axes majeurs de la politique de protection de l'environnement, l'incinération reste toujours un des seuls moyens de réduire le volume des déchets à stocker. Le choix de la technologie est toujours complexe car les caractéristiques d'une unité sont définies en fonction du contexte local dans lequel elle s'insère (dimensionnement, matières à traiter, type de collecte etc...). Le schéma général d'une installation est toujours à peu près le même, mais différentes options existent pour chaque étape. Une unité étant faite pour fonctionner longtemps, elle doit pouvoir s'adapter aux évolutions de la réglementation et aux déchets à traiter (en volume et en composition). On perçoit là l'intérêt d'un équipement, tel un simulateur, qui permettra à l'industriel d'étudier au mieux une nouvelle installation, de la faire évoluer, et d'optimiser son fonctionnement. Le procédé d'incinération simulé dans SIMAPI est le *lit fluidisé*. Actuellement très peu d'unités d'incinération utilisent avec efficacité cette technologie qui est pourtant reconnue comme une technologie d'avenir. La raison en est qu'il y a une réelle difficulté à "régler" les différents composants physiques de l'unité. SIMAPI pourra, grâce à la simulation et à l'expérimentation virtuelle, aider à la mise en place de cette technologie.

### Objectifs concrets

L'objectif affiché, quasi atteint à ce jour, était de réaliser une maquette opérationnelle d'un procédé d'incinération dans son environnement industriel et de disposer à la fois d'un outil pédagogique et d'un simulateur d'aide à la conception permettant de faire collaborer et d'intégrer des approches différentes : génie des procédés, réduction de modèles, modélisation assistée par ordinateur.

L'objectif sous-jacent qui a guidé la structuration du travail a été de ne pas faire un outil ad-hoc, mais de favoriser au maximum la généricité du simulateur, afin de capitaliser et permettre le maximum de réutilisation.

### **Résultats acquis**

Une architecture logicielle constituée de modules dédiés, communiquant au travers d'un réseau local ou distant a été mise en place. Dans ce cadre, le simulateur dans son ensemble, excepté le modèle physique, les données et le modèle CAO de l'usine réelle est réutilisable pour un autre simulateur de procédé. Dans cet esprit et pour garantir une souplesse et une extensibilité maximales de ce simulateur le modèle a été implanté sous la forme d'un *plug-in* permettant de changer de technologie d'incinération sans avoir à modifier le simulateur, évitant ainsi une re-compilation.

Le LIPSI s'est centré sur l'approche informatique qui a permis d'intégrer, en un environnement de simulation cohérent et dans un contexte temps réel, les éléments suivants : un modèle physique en régime transitoire d'une unité d'incinération en lit fluidisé, un poste opérateur en deux dimensions (noté 2D dans la suite), un poste opérateur en trois dimensions (noté 3D), un poste instructeur 2D, une base de déchets, une base de broyeurs.

L'interface homme-machine de l'opérateur s'appuie donc sur deux écrans de visualisation. Classiquement, le premier visualise en 2D le synoptique de commande de l'usine, ou pupitre ainsi que des fenêtres spécifiques dédiées à l'évolution de certains paramètres physiques à l'intérieur du four. Plus original, le second visualise en 3D une usine réelle reconstituée. L'opérateur plongé en situation de réalité virtuelle peut alors se déplacer au travers de l'usine et actionner des organes manuels (vannes, interrupteurs, etc). On notera la parfaite interopérabilité des deux visualisations. Une action au travers d'une des interfaces se répercute instantanément sur les deux autres. Citons par exemple le cas d'une alarme qui entraîne l'apparition d'une fenêtre sur le synoptique 2D et déclenche automatiquement l'orientation de l'usine en 3D pour montrer l'organe manuel à activer. Le calcul de cette orientation et de ce positionnement permet de suivre le chemin qui mène de l'endroit où l'on se trouve au moment de l'alerte à l'endroit où se trouve la vanne ou l'interrupteur à manipuler.

### **Perspectives**

De nombreuses perspectives existent pour ce projet qui s'achèvera en février 2002. D'ores et déjà un projet est engagé pour confronter SIMAPI au cas réel d'une usine d'incinération en complète restructuration qui s'oriente vers une incinération en lit fluidisé. Notons aussi que la coque et les briques techniques existent pour utiliser SIMAPI à des fins pédagogiques et de formation. Cependant, en phase de transfert, il conviendra avec les compétences métiers

de nouveaux partenaires de mettre en place des scénarios pédagogiques pertinents.

Citons également le grand intérêt pour la conception d'unités d'incinération, de porter SIMAPI sur grand écran hémicylindrique – de l'ordre de 30 m<sup>2</sup>, par exemple en collaboration avec la plate-forme Hémicyclia de Bordeaux – pour plonger une équipe de conception dans une salle d'immersion visuelle et créer une situation de conception collaborative.

Enfin, nous envisageons d'intégrer au simulateur des algorithmes d'optimisation et de les associer à une manipulation virtuelle des différents éléments de l'usine (broyeur, four, cheminées) dans le but de concevoir idéalement l'usine la plus performante pour le meilleur coût pour un ou plusieurs déchets donnés.

Le dernier point que nous souhaitons aborder est la compréhension des phénomènes physiques de l'incinération par l'apport d'une visualisation fine de ces phénomènes.

### **Fiche technique**

Ce projet, pour lequel le LIPSI a apporté son expérience dans le développement de simulateurs, a été réalisé avec deux partenaires aquitains : le LGPP (ENSGTI) à Pau et le LEPT (ENSAM) à Bordeaux. Le pilotage de ce projet est, depuis janvier 2000, opéré par le LIPSI. Le développement d'une maquette opérationnelle de simulateur de procédés d'incinération a obtenu le soutien des fonds FEDER (4 MF).

L'initiateur du projet était Jean-Rodolphe Puiggali, et sa coordinatrice est maintenant Nadine Couture. Ses correspondants au LGPP et au LEPT sont, respectivement, Frédéric Marias et Patrick Sébastian.

Un projet issu de SIMAPI, intitulé *Confrontation du SIMulateur Aquitain de Procédés d'Incinération au cas réel de Bachefores* vient d'être retenu par le Pôle Environnement Aquitain et sera soutenu par des Fonds de la Région Aquitaine.

### **Publications**

1 présentation dans une conférence française [D6] ; 2 articles de vulgarisation [V1, V3].



## Thématiques transversales

Le but de cette section n'est pas de tenter une synthèse des travaux du LIPSI, mais de chercher à faire voir les thématiques qui le traversent, et les liens qu'elles créent entre ses membres dans le développement de leurs travaux.

Il est immédiatement clair que la simulation et la modélisation intéressent tous les chercheurs du LIPSI. Leur mise en œuvre dans des contextes spécifiques pose des problèmes concrets différents, mais amène aussi à se confronter à des problèmes similaires.

Ainsi, bien que le génie logiciel ne soit pas un sujet de recherche au LIPSI, le souci d'aller *jusqu'au bout*, de la définition de modèles à la réalisation d'outils informatiques intégrés (plate-formes, environnement logiciels, simulateurs, etc.), a souvent conduit les chercheurs du LIPSI 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'un procédé complet (processus de conception, aérogénérateurs).

De façon un peu plus pointue, trois problématiques se retrouvent dans plusieurs actions de recherche du LIPSI, qui ont amené à de nombreuses discussions entre chercheurs du laboratoire et qui portent en germe des possibilités de collaboration futures.

La première de ces problématiques est celle de l'intégration de modèles. D'une part, les actions rapportées à la section 1, sur la conception de produit, passent par une intégration de modèles numériques et de modèles plus algébriques (intégration CAO et calcul notamment) : c'est un problème classique mais toujours délicat. D'autre part, la prise en compte de modèles physiques se retrouve dans de nombreux projets : en ingénierie mécanique avec la réduction de lois physiques sous une forme plus algébrique pour qu'elles puissent être prises en compte efficacement par des moteurs de résolution de CSP (section 1) ; dans le projet de modélisation et simulation d'éoliennes, où des modèles stochastiques de vent variable interagissent avec des objets mécaniques mieux délimités (section 4.1) ; dans le simulateur de navigation (section 3.2) avec la simulation de la houle et des vagues ou des outils de type radar ou sonar ; pour la simulation interactive de composants et de circuits électriques (section 3.1.1).

La seconde concerne la capitalisation des connaissances et des règles métiers, qui nécessite le recours à des concepts et des techniques empruntés à l'intelligence artificielle et à la cognitive. Cette dimension est présente de façon centrale dans le projet d'assistance à la conduite du processus de conception (section 2), mais aussi comme une composante essentielle de la méthodologie de la conception inversée intégrée (section 1). La prise en compte de règles métiers, et donc leur modélisation, sera à terme nécessaire

dans le développement du travail sur l'aide à la conception de circuits électriques (section 3.1.1)

La dernière problématique touche à la visualisation des connaissances et aux interacteurs. C'est le sujet de recherche spécifique des actions rapportées à la section 3.1 (et particulièrement 3.1.2), mais il s'agit aussi d'une perspective importante pour les travaux présentés section 2 : là, une réflexion poussée sur la visualisation des connaissances et les interacteurs permettant l'animation d'objets tri-dimensionnels est déjà engagée, dans la perspective de la mise au point de processus de conception. On retrouve cet intérêt pour la mise au point de méthodes de conception, en y rajoutant la dimension collaborative (notamment par le recours à la réalité virtuelle) dans les perspectives des suites à donner aux projets sur les simulateurs de procédés d'incinération (section 4.2) et de navigation (section 3.2).

Ces remarques mettent en évidence le fait suivant. Dans nos recherches sur le développement d'outils, méthodologiques aussi bien qu'informatiques, pour l'aide à la conception et dans nos efforts pour y intégrer les apports les plus récents de la synthèse d'images, voire de la réalité virtuelle, et du génie logiciel, la matière que nous travaillons est l'*information* : celle qui est disponible concernant les spécifications d'un produit ; celle qui est acquise par la numérisation ou la modélisation d'objets ou de phénomènes concrets ; celle qui circule au sein de l'entreprise ; celle enfin qui, plus informelle, prend la forme de l'expérience des acteurs de la production ou de la conception, de leurs connaissances, des règles métiers.

Ceci confirme que, si le positionnement de nos travaux au sein des *Sciences pour l'Ingénieur* ne fait aucun doute, ils comportent aussi fondamentalement une part de *STIC*.



## Stratégie de développement scientifique

La stratégie adoptée par le LIPSI depuis sa création tient compte de plusieurs facteurs : le laboratoire a démarré avec une équipe très peu nombreuse, et relativement peu expérimentée en recherche. Ces faiblesses, qui se sont atténuées avec le temps, étaient contre-balançées par une forte motivation des membres du LIPSI ; un excellent réseau de relations industrielles hérité de l'Ecole, du Centre de ressources technologiques qui lui est adossé, et du centre de formation qui les a précédés ; et par un soutien permanent de la direction de l'Ecole, de la présidence de la Chambre de Commerce et d'Industrie et des collectivités locales, en particulier la Communauté d'agglomération. Ces derniers points faisaient, et font toujours du LIPSI un acteur de la recherche apte à trouver des financements diversifiés pour ses projets et ses doctorants.

Le choix fait à l'époque était de s'appuyer sur les atouts de l'ESTIA et du LIPSI et de compenser les faiblesses initiales de l'équipe en recherchant des partenariats avec des laboratoires de recherche de stature internationale. C'est ainsi que toutes les actions de recherche en cours ou en projet comportent un partenariat avec une UMR du campus bordelais (LAP, LEPT, LaBRI, IXL) et que certaines s'insèrent dans des réseaux nationaux.

Cette démarche a porté ses fruits : d'abord l'affichage d'une politique de recherche de qualité a joué favorablement dans les recrutements qui sont venus depuis renforcer l'équipe de l'ESTIA et du LIPSI. Cet affichage a également permis d'attirer de jeunes doctorants en formation initiale (3 à l'automne 2001), et de renforcer encore les liens tissés depuis longtemps dans le domaine de l'enseignement avec l'Université Bordeaux-1. Par ailleurs, le LIPSI et les recherches qui y sont menées ont un impact sur les élèves-ingénieurs de l'ESTIA, au travers des projets qui leur sont proposés par ses membres, et sur les compétences sur lesquelles le Centre de Ressources Technologiques ESTIA-Innovation peut s'appuyer.

Enfin, et c'était évidemment l'un des objectifs centraux, les enseignant-chercheurs de l'Ecole ont pu, grâce à ces partenariats, approfondir leurs connaissances et leurs compétences. Formellement, plusieurs d'entre eux, ingénieurs expérimentés, se sont lancés dans la préparation d'une thèse, encadrée au LIPSI par un enseignant-chercheur de Bordeaux-1 ou de l'ENSAM. La première de ces thèses (X. Fischer) a été soutenue en décembre 2000. De plus, la capacité de proposition des membres du LIPSI en matière scientifique (sujets de thèse, réponse aux appels d'offre des réseaux nationaux ou européens, etc.) est allée croissant. Aujourd'hui, le LIPSI ou l'ESTIA sont directement partie prenante dans deux projets RNTL, une Action Spécifique du CNRS et une ACI du Ministère de l'Education Nationale.

Il n'est pas question de remettre en cause aujourd'hui les grandes lignes de cette stratégie : même si sa capacité de proposition et d'impulsion continue à progresser, le LIPSI va poursuivre la recherche de partenariats avec des laboratoires plus anciennement établis. L'effort d'encadrement de doctorants continuera à être une caractéristique du laboratoire, notamment dans le cadre de co-tutelles avec des universités à l'étranger. Quant aux thématiques, elles resteront dans le champ des SPI (Sciences pour l'Ingénieur) et des STIC (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication). Enfin, le LIPSI continuera à être attentif au maintien du lien entre ses recherches, les besoins des entreprises industrielles et de service et ceux de l'ESTIA, et à rechercher activement des financements auprès des collectivités locales et des réseaux nationaux et européens de soutien à la recherche.

Certaines des perspectives scientifiques concrètes pour les recherches du LIPSI apparaissent dans le rapport des recherches passées ou en cours qui précède. On complètera ces données fragmentaires par les éléments suivants.

Certaines des actions de recherche de la période 2003-06 sont déjà engagées, en particulier avec les doctorants accueillis à l'automne 2001 : il s'agit en particulier d'actions de recherche en aide à la conception en ingénierie mécanique (autour de la notion de conception inversée intégrée, en collaboration avec le LEPT) ; en interaction personne-système dans le contexte de la réalité virtuelle autour de la définition de nouveaux interacteurs (en collaboration avec le LaBRI) ; en génie logiciel autour d'un projet d'intégration produit-processus-organisation pour l'amélioration de la performance en ingénierie (avec le LAP et le LIUPPA).

Les priorités retenues pour le développement d'autres actions de recherche durant la période 2003-06 sont les suivantes : poursuite de l'effort de recherche sur l'utilisation de méthodes de résolution de contraintes en ingénierie mécanique ; élaboration de modèles numériques dans le cadre de l'usinage, notamment la formation du copeau en usinage à grande vitesse (cf. la demande de PPF présentée par M. Danis) ; approfondissement et valorisation de la recherche sur la modélisation d'éoliennes pour le contrôle de la qualité de l'énergie produite ; applications des méthodes des interfaces homme-machine et de la visualisation d'informations pour les outils de conception ; utilisation de la réalité virtuelle pour l'aide à la conception collaborative ; gestion dynamique du processus de conception (workflow) pour rendre flexibles les méthodes de travail dans l'entreprise.

Du point de vue de ses moyens matériels, le LIPSI doit pouvoir disposer d'ici deux ans d'une surface de bureaux plus importante, grâce à la construction, déjà programmée, d'un nouveau bâtiment sur le campus ESTIA (Technopole Izarbel). Les équipements en ordinateurs et réseaux devront suivre ce développement, rendu nécessaire par la croissance numérique du laboratoire.

Par ailleurs, le LIPSI compte sur un ou deux recrutements d'enseignants-chercheurs chaque année pendant la période 2003-06. Cette anticipation optimiste est justifiée par la montée en puissance du cycle ingénieur de l'ESTIA, qui nécessitera un corps enseignant plus important. Le rythme de ces recrutements dépendra cependant en partie des soutiens dont l'ESTIA pourra disposer dans le cadre de son rapprochement avec le Ministère de l'Education Nationale et l'Université Bordeaux-1. Le laboratoire cherchera également à accueillir des stagiaires post-doctoraux.

Enfin, un rythme de recrutement d'au moins trois doctorants chaque année est certainement envisageable, et sera activement recherché.



## Thèses soutenues ou en cours au LIPSI (janvier 2002)

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

- 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 le 15 décembre 2000 devant un jury composé de J.-L. Billoet (CNED, LMS ENSAM, président), P. Chedmail (Ecole Centrale Nantes, rapporteur), M. Tollenaere (ENSGI Grenoble, rapporteur), Djamila Sam-Haroud (EPF Lausanne), P. Joyot (ESTIA), J.P. Nadeau (ENSAM Bordeaux) - P. Sébastien (Bordeaux-I).

- Jean-Marc Cieutat, *Modélisation physiquement réaliste de session de simulation d'entraînement maritime*, Université Bordeaux-1 (LaBRI), dirigée par P. Guittou (LaBRI) ; soutenance prévue en 2002 ; financement par l'ESTIA et le FONGECIF.

- Christophe Merlo, *Modélisation de la connaissance en conduite de l'ingénierie – Mise en œuvre d'un système d'assistance aux acteurs de la conception*, Université Bordeaux-1 (LAP), dirigée par G. Doumeings et Ph. Girard (LAP) ; soutenance prévue en 2002 ; financement par l'ESTIA et le FONGECIF.

- Haritza Camblong, *Minimisation de l'impact des perturbations d'origine éolienne sur la production d'électricité par des aérogénérateurs à vitesse variable*, co-tutelle entre l'ENSAM de Bordeaux (LEPT) et l'Ecole Polytechnique de Mondragón (Département d'Electronique), dirigée par J.-R. Puigali (ENSAM) et M. Rodriguez (Mondragón) ; soutenance prévue en 2003 ; co-financement par l'ESTIA et la Communauté d'agglomération Bayonne Anglet Biarritz.

- Fabien Legrand, *Modélisation de circuits électriques – extensible aux circuits hydrauliques et pneumatiques – et réalisation d'un simulateur générique*, Université Bordeaux-1 (IXL), dirigée par H. Lévy (IXL) et N. Couture (LIPSI) ; soutenance prévue en 2003 ; financement par une bourse de la Communauté d'agglomération Bayonne Anglet Biarritz.

- Raphaëlle Doré, *Conception Inversée Intégrée, capitalisation des connaissances métiers*, ENSAM de Bordeaux (LEPT), dirigée par J.-P. Nadeau (LEPT) et co-encadrée par X. Fischer (LIPSI) et J. Pailhès (LEPT) ; soutenance prévue en 2004 ; financement par une bourse de la Communauté d'agglomération Bayonne Anglet Biarritz.

- Ludovic Garreau, *Les nouveaux interacteurs*, Université Bordeaux-1 (LaBRI), dirigée par P. Guitton (LaBRI) et N. Couture (LIPSI) ; soutenance prévue en 2004 ; financement par une bourse de la Communauté d'agglomération Bayonne Anglet Biarritz.

- Yoann Vernat, *Conception Inversée Intégrée, réductions de modèles*, ENSAM de Bordeaux (LEPT), dirigée par J.-P. Nadeau et co-encadrée par X. Fischer (LIPSI) et P. Sébastien (LEPT) ; soutenance prévue en 2004 ; financement par une bourse du projet RNTL CO2.

## Publications

### Chapitres d'ouvrages et revues à diffusion internationale, avec comité de lecture

[A1] M. Delest, J.-M. Fédou, G. Mélançon, N. Rouillon. Computation and Images in Combinatorics, in *Computer-Human Interaction in Symbolic Computation* (éd. N. Kajler), Texts and Monographs in Symbolic Computation, Springer (1998), 179-208

[A2] P. Joyot, R. Rakotomalala, O. Pantalé, M. Touratier, N. Hakem. A numerical simulation of steady state metal cutting, *Proc. Instn Mech. Engrs* **212C** (1998) 331-341.

[A3] M. Elhachimi, P. Joyot, S. Torbaty. Mechanical modelling of high speed drilling. 1: predicting torque and thrust, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* **39** (1999) 553-568.

[A4] M. Elhachimi, S. Torbaty, P. Joyot. Mechanical modelling of high speed drilling. 2: predicted and experimental results, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* **39** (1999) 569-581.

[A5] X. Fischer, J.-P. Nadeau, P. Sébastien, P. Joyot. Decision support in integrated mechanical design through qualitative constraints, in *IDMME 2000 - Selected papers* (éds. P. Chedmail, G. Cognet, C. Fortin, C. Mascle, J. Pegna), Kluwer, à paraître.

[A6] X. Fischer, P. Sébastien, J.-P. Nadeau, P. Joyot. Inverted Integrated Design : constraint satisfaction for design support system, *Mécanique et Industries*, à paraître.

[A7] X. Fischer, P. Sébastien, J.-P. Nadeau. Inverted Integrated Design of pressure apparatus using constraint satisfaction techniques, *Advanced Engineering Informatics* (soumis).

### Conférences internationales, avec comité de lecture et actes

[C1] X. Fischer, P. Joyot, Ch. Merlo, J.-P. Nadeau. Intégrer le calcul dans la conception mécanique, in *Actes du MICAD 99*, Hermès (1999), 53-60.

[C2] P. Joyot, S. Torbaty. A high speed grinding finite element model to improve surface quality of the workpiece, in *2nd French and German Conference on High Speed Machining*, Universität Darmstadt (1999).

[C3] Ph. Girard, Ch. Merlo. Knowledge modelling in engineering design control, in *Actes IDMME'2000* (éds. C. Mascle, C. Fortin, J. Pegna), Presses Internationales Polytechniques, Montréal, Canada (2000), CD-Rom.

- [C4] X. Fischer, J.-P. Nadeau, P. Sébastien, P. Joyot. Aide à la décision en conception mécanique intégrée, par contraintes qualitatives, in *Actes IDMME 2000* (éds. C. Mascle, C. Fortin, J. Pegna), Presses Internationales Polytechniques, Montréal (2000), CD-Rom.
- [C5] Ph. Girard, Ch. Merlo. An agent environment to support co-ordination between design actors, in *ICED 01* (éds. S. Culley, A. Duffy, C. McMahon, K. Wallace), Professional Engineering Publishing, London (2001), 67-74.
- [C6] X. Fischer, P. Joyot, B. Bourseau, P. Sébastien, J.-P. Nadeau. Pressure equipment design tool: application to a parallelepipedic oven, in *Actes ESOPÉ'01*, Association française des ingénieurs en appareils à pression, Paris (2001), CD-Rom.
- [C7] J.-M. Cieutat, J.-Ch. Gonzato, P. Guitton. A new efficient wave model for maritime training simulator, in *Spring Conference on Computer Graphics* (éd. Toshiyasu L. Kunii), IEEE Computer Society (2001), 251-259
- [C8] X. Fischer, P. Sébastien, J.-P. Nadeau, P. Joyot. La Conception Inversée Intégrée (CII), in *2nd colloque international en Conception et Production Intégrées CPI'01* (éds. M. Carrard, T. Ouazzani Chahdi), EST Fes, Maroc (2001), CD-Rom.
- [C9] X. Fischer, J.-P. Nadeau, P. Sébastien. Modélisation en conception inversée intégrée : une approche par contraintes. *IDMME 2002*, à paraître.
- [C10] Ph. Girard, Ch. Merlo. Capitalisation des connaissances en ingénierie de la conception, in *IDMME 2002*, à paraître.
- [C11] Ph. Girard, Ch. Merlo. Approche de la performance en conduite de l'ingénierie de la conception, in *IDMME 2002*, à paraître.
- [C12] 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*, 2002, à paraître.

### **Conférences nationales, avec comité de lecture et actes**

- [CF1] X. Fischer, P. Joyot, A. Hugget, P. Sébastien, J.-P. Nadeau. Stratégie d'aide à la conception de produits et de procédés par la simulation ; intégration de l'état de l'art, in *Actes des journées thématiques Primeca : Méthodes de conception, Outils et Systèmes de Management pour l'intégration de l'environnement* (éds. D. Froelich, A. Aoussat, D. Millet, H. Gachon, G. Cognet), Chambéry, 2000, Priméca (2000).
- [CF2] Ph. Girard, Ch. Merlo. Un environnement multi-agent support à la conduite en conception, in *Journées AIP-PRIMECA 2001*, La Plagne, 2001, 217-224.



- [CF3] X. Fischer, J.-P. Nadeau, P. Sébastian, P. Joyot. Démarche inversée intégrée à base de contraintes qualitatives et neuronales ; conception routinière d'appareils à pression, in *Actes du 7ème Colloque national sur la conception mécanique intégrée, AIP-Priméca* (éd. G. Ris), La Plagne, 2001, Priméca (2001), 276-283.
- [CF4] Ph. Girard, B. Eynard, Ch. Merlo. Modélisation des connaissances pour la conduite de la conception, in *Journée thématique Primeca : Dynamique des connaissances en conception : acquisition et réutilisation*, Grenoble, 2001, 36-41.
- [CF5] Ch. Merlo, Ph. Girard. Système multi-agents pour la coordination en ingénierie de la conception, in *Colloque ALCAA 01*, Bayonne, 2001.
- [CF6] X. Fischer. Outils d'Intelligence Artificielle en Conception Inversée Intégrée, in *Actes de S3P'01* (éds. J.-L. Billoet, X. Fischer, M. Tollenaere), Biarritz, 2001, CD-Rom.
- [CF7] B. Eynard, Ch. Merlo, B. Carratt. De la modélisation du processus de conception à la spécification de workflow de GDT : une étude de cas, in *Actes de S3P'01* (éds. J.-L. Billoet, X. Fischer, M. Tollenaere), Biarritz, 2001, CD-Rom.
- [CF8] Ph. Girard, Ch. Merlo. La conduite des systèmes de conception, in *Actes de S3P'01* (éds. J.-L. Billoet, X. Fischer, M. Tollenaere), Biarritz, 2001, CD-Rom.
- [CF9] H. Camblong, J. Arana, M. Rodriguez, J.-R. Puiggali, O. Patrouix. Simulation d'éoliennes à vitesse variable, in *Actes de S3P'01* (éds. J.-L. Billoet, X. Fischer, M. Tollenaere), Biarritz, 2001, CD-Rom.
- [CF10] 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.
- [CF11] X. Fischer, J.-P. Nadeau, L. Zimmer, P. Zablitz. 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, 2002, IPI (2002), 65-74.

### Thèses et mémoires

- [T1] Ch. Merlo. *Système d'assistance aux acteurs de la conception : mise en œuvre d'un modèle de produit et d'un modèle de processus, supports à la conduite de l'ingénierie*, mémoire de DEA, LAP, Université de Bordeaux-1, 1999.
- [T2] F. Seyler. *Analyse d'un simulateur de circuits générique intégré*, mémoire de DEA, LIPSI et LABRI, Université de Bordeaux-1, 1999.

[T3] X. Fischer. *Stratégie de conduite du calcul pour l'aide à la décision en conception mécanique intégrée ; application aux appareils à pression*, thèse de doctorat, ENSAM, 2000.

### **Communication à des colloques nationaux, sans actes**

[D1] P. Joyot. Modélisation de la rectification plane, calcul des contraintes résiduelles, *Thermique de la machine outil et de l'usinage*, Société Française des Thermiciens, 1999.

[D2] X. Fischer. Le calcul en conception mécanique intégrée, *Groupe de travail en intégration du calcul en conception mécanique*, Grenoble, 1999.

[D3] Ch. Merlo. Communication et qualité dans l'échange de données entre donneurs d'ordre et sous-traitants, *Projet Arcibo, Journée Priméca*, Clermont-Ferrand, 2000.

[D4] X. Fischer. Stratégies de conduite du calcul pour l'aide à la décision en conception mécanique, *Journées du projet OSCAR*, Grenoble, 2000.

[D5] Ph. Girard, Ch. Merlo. Gestion des connaissances en conduite de la conception, in *Journées GRP 2001*, Toulouse, 2001.

[D6] N. Couture. SIMAPI (poster), *Journée ADEISO sur l'environnement*, novembre 2001, ENSEIRB, Bordeaux.

[D7] H. Camblong. SIMEOL (poster), *Journée ADEISO sur l'environnement*, novembre 2001, ENSEIRB, Bordeaux.

### **Articles de vulgarisation**

[V1] N. Couture, V. Lézier. Etudier les nouveaux concepts de procédé d'incinération grâce à la réalité virtuelle, *La Lettre des Techniques de l'Ingénieur - Environnement* 7 (2000) p. 6.

[V2] Ch. Merlo. CAO en PMI/PME : expériences et réflexions, *Lettre Micado Informations*, décembre 2000, p. 4.

[V3] N. Couture. Un simulateur pour apprendre à incinérer les déchets, *01 Informatique* 1611 (2000), p. 76.

### **Participation à des séminaires hors de l'ESTIA**

- X. Fischer. Contraintes qualitatives pour l'aide au dimensionnement de structures mécaniques, Séminaire interne du LEPT ENSAM, Bordeaux, février 2000.

- X. Fischer. Stratégies de conduite du calcul pour l'aide à la décision en conception mécanique, Séminaire interne du Laboratoire 3S - Groupe Conception intégrée, Grenoble, juin 2000.

## Animation scientifique

### Organisation de manifestations scientifiques

- *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.

- *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.

- *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.

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

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

### Séminaire

En 1999, les chercheurs du LIPSI se sont retrouvés fréquemment pour des groupes de travail. De plus, un séminaire a fonctionné régulièrement pour réunir les équipes du LIPSI et du CRT ESTIA-Innovation (alors appelé ILS).

- *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*

En 1999-2000, le séminaire a fait appel principalement à des orateurs extérieurs au campus.

- *Laurent Geneste (ENI de Tarbes) : Aide à la décision pour la réactivité des systèmes industriels complexes*
- *Jean-Marc Cicutat (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*

A partir de l'automne 2001, le LIPSI renoue avec la réunion régulière de séminaires, en commençant par des exposés de ses propres membres.

# Récapitulatif des contrats de recherche et de valorisation

## 1. Contrats de recherche

### Contrats européens

- *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 le Fonds FEDER. Avec le LGPP (ENSGTI-UPPA) et le LEPT (ENSAM-Bordeaux 1). Janvier 2000 - janvier 2002.

### Contrats bilatéraux

#### Contrats nationaux

- *CO2* (COntraintes en COncption) : 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.
- *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 - décembre 2004.
- *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.
- *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.

### **Contrats transfrontaliers**

- *SIMEOLE* (Logiciel de Simulation d'Eoliennes à Vitesse Variable) : 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**

#### **Contrats industriels CIFRE**

- 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, le LIPSI et la société AlgoTech. Novembre 2000 - décembre 2001 (contrat interrompu du fait des difficultés financières d'AlgoTech).

#### **Autres contrats industriels**

- *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'un interface base de données. Décembre 2000 - juin 2001.

## **2. Valorisation et transfert**

- 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.

- 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.

- 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 gou-

vernail), pour la société Lecomble et Schmitt (Urt) ; le LIPSI intervenait comme sous-traitant du CRT ESTIA-Innovation. Décembre 1998.

- 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.

- 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.

- Conseil en architecture logicielle distribuée, pour la société Calmeyra (logiciels de conception de formulaires administratifs et commerciaux en PDF). 1999.

- Validation des choix de conception d'un échafaudage (2) : simulation numérique du comportement mécanique et reconception d'un échafaudage destiné à soutenir une autoroute en chantier, pour la société Anko (Itxassou) ; le LIPSI intervenait comme sous-traitant du CRT ESTIA-Innovation. Décembre 1999.

- 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.

- 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.