

Rapport INRIA 1994 — Programme 2
Systèmes experts et conception d'outils pour
l'intelligence artificielle

PROJET SECOIA

3 mai 1995

PROJET SECOIA

Systemes experts et conception d'outils pour l'intelligence artificielle

Localisation : *Sophia-Antipolis*

Mots-clés : abduction (11), activité de conception (12), architecture client-serveur (5), architecture répartie (1), commande de processus (13), contrainte (5), coopération (12), gestion d'objets répartis (3), intelligence artificielle (1), jeu dynamique (15), langage à objets (3), optimisation combinatoire (5), parallélisme (5), programmation logique (11), programmation par contraintes (1, 5, 11), protocole de communication (5), raisonnement (1, 11), raisonnement géométrique (10), raisonnement par cas (13), résolution de problème (12), réutilisation de solution (13), SGBD (3), système à base de connaissances (1), système expert (5), système réparti (3, 5).

1 Composition de l'équipe

Responsable scientifique

Bertrand Neveu, ingénieur des ponts et chaussées, CERMICS

Secrétaire

Hortense Hammel

Personnel Inria

Brigitte Trousse, CR

Chercheur extérieur

Franck Lebastard, ingénieur des travaux publics de l'Etat,
CERMICS

Personnel UNSA

Pierre Berlandier, conseiller scientifique à partir du 1er septembre

Chercheur post-doctorant

Pierre Berlandier, du 1er février au 30 juin

Chercheurs doctorants

Philippe Ballesta, Université du Maine, jusqu'au 31 octobre

Mouhssine Bouzoubaa, boursier ENPC

Philippe Charman, boursier ENPC INRIA, jusqu'au 15 octobre

Nicolas Chleq, boursier DRET, ENPC

Stéphane Demphlous, boursier MESR GÉNIE, UNSA, à partir du 1er décembre

Michel Jaczynski, boursier INRIA/Région PACA, UNSA

Wided Lejouad, boursière INRIA CIES, UNSA, jusqu'au 30 juin

Stéphane Le Ménéca, boursier DRET, UNSA, jusqu'au 30 septembre

Maria-Cristina Riff Rojas, Chili, ENPC

Gilles Trombettoni, boursier MESR, UNSA, jusqu'au 30 novembre

Stagiaires

Manuel Astier, stagiaire ENPC, avril à juin

Alain Bernardeau-Moreau, stagiaire ENTPE, DEA St-Etienne, avril à août

Laurent Carrot, stagiaire ENPC, avril à juin

Raphaël Porcher, stagiaire ENPC, avril à juin

Julien Saada, stagiaire ENPC, avril à juin

2 Présentation du projet

Le projet SECOIA est un projet commun à l'INRIA et au CERMICS, Centre d'enseignement et de recherche en modélisation, informatique et calcul scientifique de l'École nationale des ponts et chaussées (ENPC). Il

a pris la suite du projet SMECI, à la fin du développement du générateur de systèmes experts SMECI.

Ses principaux objectifs concernent l'étude des mécanismes de représentation des connaissances et de raisonnement, la conception et le développement des algorithmes et outils logiciels correspondants.

Le projet s'intéresse plus particulièrement à la programmation par objets et par contraintes et aux méthodes d'intelligence artificielle (IA) pour la résolution de problèmes.

Pour les objets, les principaux axes de recherches concernent la gestion de la persistance à l'aide de bases de données et la manipulation d'objets dans des environnements répartis. Pour les contraintes, les recherches portent sur les algorithmes et heuristiques en recherche, en maintien de solutions et en optimisation, le traitement de la flexibilité et des problèmes hiérarchiques.

Parmi les divers types de raisonnement, le raisonnement temporel et le raisonnement par cas font l'objet d'études par le projet. Nous nous intéressons aussi à la conception coopérative et aux logiciels d'aide au concepteur.

Bien que le projet soit essentiellement tourné vers les outils, et donc ce rapport rédigé dans cette perspective, on est aussi amené à considérer des aspects cognitifs dans le domaine général de l'assistance logicielle à la résolution de problèmes complexes, notamment dans les problèmes de conception qui sont à l'origine du projet.

Enfin, ces diverses recherches s'appuient sur des applications : les domaines actuellement traités sont la conception et ses aspects géométriques, la composition musicale et les jeux de poursuite.

3 Actions de recherche

3.1 Objets, persistance et répartition

3.1.1 Bases de données et objets

Participant : Franck Lebastard

Nous avons continué à développer le système DRIVER qui définit un système de gestion de bases de données (SGBD) par objets au dessus d'un SGBD relationnel.

Des correspondances ont été proposées entre les concepts relationnel et objet. Elles permettent d'interpréter les données relationnelles comme des objets complexes. En pratique, pour une base donnée, l'utilisateur définit un schéma de correspondances de son choix. Ce schéma a pour effet d'associer aux données de la base une représentation par objets qui permet de les manipuler et de les exploiter sous forme d'objets dans l'environnement de l'utilisateur. Il permet également d'apporter la persistance aux autres objets de cet environnement, au gré de l'utilisateur.

Afin de permettre un usage industriel de DRIVER par Dassault Aviation, le logiciel a été consolidé et les performances ont été améliorées. De nouvelles fonctionnalités ont également été implantées. En particulier, l'écriture des champs de type ensemble et de type liste (ensemble ordonné) a été réalisée.

3.1.2 Objets et répartition

Participants : Franck Lebastard, Alain Bernardeau-Moreau

Nous avons poursuivi nos travaux sur la gestion d'un environnement par objets réparti et sur CHOOE, l'outil que nous avons développé.

CHOOE permet de gérer simplement la communication au sein d'un ensemble dynamique de processus LeLisp. Chaque processus peut être nommé et se déclarer compétent (ou non) pour un ensemble de services. Dès qu'il s'est déclaré, il est "visible" des autres et peut être le destinataire d'un message ou d'une requête. Tout processus peut émettre un message dont les destinataires peuvent être déterminés dynamiquement. Un message peut être émis en mode asynchrone, synchrone ou différé. En mode asynchrone, aucune réponse n'est attendue. En mode synchrone, le processus se met en attente de la réponse. En mode différé, le processus émet son message et continue de travailler. Il pourra, en temps utile, consulter les réponses à son message dans une boîte-aux-lettres gérée par CHOOE.

Nous avons d'autre part poursuivi l'étude de la manipulation d'objets complexes en environnement réparti, notamment des problèmes liés au partage et au transfert de données. Un langage de communication permettant de transférer des structures et des données complexes a été spécifié [24], implanté et intégré à CHOOE. Les requêtes de transfert d'objets sont traduites dans ce langage et les expressions ainsi produites,

interprétées dans l'environnement cible, permettent d'y reconstruire, mettre à jour ou retrouver les objets transférés. Ce langage intermédiaire permet de transférer des graphes d'objets entre des modèles différents comme ceux de SMECI et MICROCEYX.

3.1.3 Un générateur de SBC réparti

Participants : Wided Lejouad, Bertrand Neveu

La plupart des systèmes de raisonnement à base de règles sont monoprocessus et présentent certains inconvénients : la quantité d'informations est limitée par la taille mémoire du processus et leur traitement est souvent lent. Notre objectif est de séparer de tels systèmes en composants les plus autonomes possibles et de répartir leur exécution sur des sites différents. Cette répartition doit permettre d'étendre la capacité globale du système, d'améliorer ses performances grâce au parallélisme et d'établir des liaisons avec des composants hétérogènes [5].

Nous avons proposé une démarche pour réaliser la répartition d'un système de raisonnement à base de règles dont la connaissance est représentée sous forme d'objets [28]. La modularisation du système a été réalisée de manière ascendante avec une analyse Data-Flow. Nous avons proposé trois composants : le serveur d'expertise, le serveur d'objets et le moteur d'inférences. Ces composants sont bâtis sur le modèle client-serveur et communiquent en mode *différé* à travers un réseau au moyen du protocole RPC-LINK (une interface LISP/C au-dessus du protocole RPC de SUN) et du gestionnaire d'environnement réparti CHOOE.

Nous avons ensuite étudié la gestion répartie des objets, tout en maintenant leurs dépendances sémantiques. Pour ce faire, nous avons proposé un transfert d'objets en un bloc (mécanisme de *cache*) et avons étudié comment réduire le nombre d'objets à transférer. Puis, nous nous sommes intéressés à la parallélisation de l'exécution des règles en présence de plusieurs moteurs d'inférences, à la consultation et à la mise à jour de plusieurs serveurs d'objets. La gestion de la cohérence des données est assurée par un algorithme de chaînage avant à saturation dans un univers monotone. Enfin, ce travail a été validé par le prototype DUESS développé au-dessus du générateur de systèmes experts SMECI.

3.2 Programmation par contraintes

La programmation par contraintes s'est considérablement développée ces dernières années et est de plus en plus utilisée en intelligence artificielle et en recherche opérationnelle. Elle est aussi une composante importante de nouveaux langages de programmation. Elle permet à la fois une programmation déclarative, une résolution efficace et l'introduction d'heuristiques spécifiques à une application. Après le développement, les années précédentes, de la boîte à outils PROSE, nous en avons écrit une nouvelle version avec d'une part une implantation plus efficace des opérations sur les domaines et d'autre part un plus grand paramétrage permettant d'écrire facilement diverses heuristiques et extensions.

Nous avons étudié plus particulièrement l'obtention et le maintien de niveaux de cohérence partielle, ainsi que le maintien de solution après une perturbation. Nous avons aussi proposé des extensions au formalisme classique des contraintes pour traiter des problèmes hiérarchiques ou comportant des préférences.

Enfin, deux applications (aménagement spatial et composition musicale) ont montré l'intérêt de ce modèle de programmation.

3.2.1 Consistance d'arc

Participants : Pierre Berlandier, Bertrand Neveu

Nous avons travaillé cette année sur deux variations autour du thème de la consistance d'arc pour les problèmes de satisfaction de contraintes.

La première s'intéresse aux problèmes de contraintes dynamiques dans lesquels on peut ajouter mais aussi retirer des contraintes. Pour traiter des problèmes dynamiques, il est nécessaire d'adapter efficacement les concepts qui existent pour les problèmes statiques. La consistance d'arc étant un de ces concepts, nous nous sommes attachés à étendre son applicabilité aux problèmes dynamiques. Contrairement aux approches précédentes, celle que nous avons développée ne repose pas sur un système de maintien de justification. Il en résulte un gain important en espace mémoire ainsi qu'une plus grande souplesse puisque l'on n'est plus tributaire de justifications qui fixent le grain de la dynamicité [19, 20].

La seconde variation consiste à renforcer la condition qui caractérise la consistance d'arcs pour obtenir un meilleur filtrage des problèmes avec un faible surcoût. Nous avons donc proposé un nouveau niveau de

consistance partielle qui se situe entre la consistance d'arc et la consistance de chemin. Ce niveau est établi par une procédure appelée RPC (pour Restricted Path Consistency) [23] qui s'appuie sur le principe de la consistance de chemin pour détecter les inconsistances mais conserve les bons traits de la consistance d'arc puisqu'elle ne modifie que le domaine des variables et n'augmente pas la connectivité du graphe de contraintes. Nous avons montré par une évaluation expérimentale que notre procédure offre un très bon pouvoir de filtrage bien que le nombre de vérifications qu'elle effectue soit faible (ce qui garantit par là même que son coût d'utilisation reste faible).

3.2.2 Extensions du formalisme

Problèmes hiérarchiques

Participants: Bertrand Neveu, Pierre Berlandier, Maria-Cristina Riff Rojas, Gilles Trombettoni, Brigitte Trousse

Dans de nombreux problèmes pratiques, une limitation importante du formalisme des problèmes de satisfaction de contraintes (CSP) reste la nécessité d'exprimer un ensemble de variables défini statiquement avec des contraintes portant sur un ensemble de variables fixe lui-aussi.

Les problèmes de conception sont souvent de nature hiérarchique : un sous-problème (variables et contraintes) n'apparaît que lorsque certains choix de plus haut niveau ont été faits. Nous allons également étudier plus particulièrement les problèmes de configuration qui s'inscrivent dans ce même cadre : il s'agit de déterminer un ensemble de composants avec leurs caractéristiques parmi un catalogue donné pour remplir les fonctionnalités demandées.

Une approche étendant le formalisme CSP par des variables possédant des conditions de présence a été définie par Mittal et Falkenheiner. Ils ont proposé un algorithme de satisfaction de contraintes qui introduit au cours de la procédure d'énumération avec retour-arrière de nouvelles variables quand les conditions de présence de ces variables sont vérifiées.

Nous avons étudié comment rendre "dynamique" (au sens du maintien de solution) cette approche et trouver une solution proche d'une solution initiale rendue invalide après un ajout de contrainte. La proximité s'exprime ici par la structure de la solution : une solution sera proche si

elle est formée des mêmes variables ou d'un ensemble de variables peu différent de la solution initiale. L'algorithme de réparation heuristique de minimisation des conflits de Minton a ainsi été étendu aux CSP à variables conditionnelles : l'heuristique de choix de la variable à réparer prend en compte les conflits de structure en plus des traditionnels conflits de valeur.

Flexibilité

Participants : Mouhssine Bouzoubaa, Bertrand Neveu

Nous avons examiné diverses approches qui existent pour le traitement des problèmes sur-contraints. Nous avons étudié en particulier des formalismes, comme celui des hiérarchies de contraintes fonctionnelles de Borning, qui permettent de trouver des solutions en relâchant certaines contraintes. Les algorithmes existants (Delta Blue, Sky Blue) utilisent un critère de comparaison local entre les différentes solutions des problèmes relâchés. Nous avons défini un nouveau critère de comparaison plus fin qui prend en compte le nombre de contraintes satisfaites dans chaque niveau de la hiérarchie. Nous avons conçu un algorithme incrémental qui permet de maintenir l'ensemble des meilleures solutions selon ce critère lors d'ajout ou de retrait de contraintes [25].

L'étape suivante de ces travaux sera de généraliser le formalisme choisi, d'introduire cet algorithme dans la boîte à outils PROSE et de le valider sur une application.

3.2.3 Le maintien de solution d'un problème de contraintes

Le maintien de solution consiste à retrouver une solution après l'ajout de nouvelles contraintes ou l'altération de certaines variables. Deux voies sont au centre des recherches menées cette année :

- le maintien de solution par propagation locale,
- la recherche d'une solution optimalement proche d'une solution de référence pour des problèmes de contraintes sur domaines finis.

La propagation locale

Participants : Gilles Trombettoni, Pierre Berlandier, Bertrand Neveu

Un problème est défini par des variables, des contraintes et des méthodes locales capables de recalculer un ensemble de variables pour satisfaire un ensemble de contraintes. Un premier algorithme de propagation locale, en deux passes, peut être vu comme un séquenceur de méthodes. L'application de ces méthodes à partir d'un graphe de contraintes incohérent permet de rétablir la cohérence par des modifications locales qui propagent les valeurs recalculées dans le graphe. Nous avons cette année complexifié cet algorithme de manière à le rendre complet.

Nous allons étudier la pertinence réelle de l'algorithme. En effet, le maintien de solution est surtout applicable aux logiciels interactifs comme les interfaces graphiques. Or le problème de séquençement est NP-complet. Il faut donc vérifier sur des applications que le problème, en moyenne, n'est pas difficile et que l'algorithme fournit une réponse en un temps acceptable.

Optimisation discrète

Participants : Gilles Trombettoni, Pierre Berlandier, Bertrand Neveu, Mouhssine Bouzoubaa, Maria-Cristina Riff Rojas, Manuel Astier, Julien Saada

Si des méthodes (itératives ou par réparation) permettent de trouver une solution en cherchant à optimiser un critère donné, l'algorithme par *séparation et évaluation (branch and bound)* est un des seuls à offrir une preuve de l'optimum. Il est complet car il donne, si elle existe, la solution possédant le coût minimal eu égard au critère considéré.

On propose un nouvel algorithme complet d'optimisation discrète (séquence de *branch and bound* avec différentes bornes). On lance ainsi non pas une seule recherche arborescente, mais plusieurs de taille plus réduite. Pour chaque parcours arborescent, les parcours précédents sont pris en compte et l'on se contente de la première solution trouvée.

Une première version dichotomique *parallèle* de cet algorithme a été implantée dans le cadre d'un stage par deux élèves de l'ENPC [22]. Le critère à minimiser était le nombre de valeurs différentes d'une solution d'un CSP par rapport à une solution de référence.

Des études sont actuellement en cours sur des arbres de recherche aléatoires et sur des problèmes de contraintes avec différents critères.

3.2.4 Gestion de contraintes géométriques pour l'aménagement spatial

Participants : Philippe Charman, Bertrand Neveu, Brigitte Trousse

Les recherches menées concernent l'aide à l'aménagement spatial et en particulier la gestion des contraintes géométriques.

Etat de l'art

Nous avons étudié les principales activités de conception à base de contraintes géométriques. Notre classification distingue les activités suivantes : *modélage* d'un objet, *assemblage* de plusieurs objets, *partitionnement* d'un espace et *placement* de plusieurs objets dans un espace borné. L'étude des méthodes de résolution a fait apparaître trois types d'approches : l'approche *algébrique* dont le principe est de convertir les contraintes géométriques en équations mathématiques puis de résoudre à l'aide d'une méthode numérique (Newton-Raphson, projection, ...), l'approche *déductive* basée sur un raisonnement géométrique à base de règles et une approche basée sur la programmation par contraintes.

Nous avons développé cette dernière approche en adaptant les techniques issues de la programmation par contraintes pour les problèmes de placement et de dimensionnement d'objets.

Maquette de placement et de dimensionnement d'objets

Une application concernant le placement et le dimensionnement de formes rectangulaires sous contraintes a été réalisée [27]. Cette maquette est capable de traiter le *placement* d'objets sous contraintes dans un espace borné comme par exemple l'agencement des meubles dans une pièce et le *partitionnement* de l'espace comme lors de la conception du plan de sol d'un appartement.

Nous avons développé notre propre outil de satisfaction de contraintes de façon à mieux prendre en compte l'aspect géométrique du problème à savoir le regroupement des variables d'un même objet et surtout l'appartenance des variables de position à des domaines multidimensionnels à base d'intervalles.

Nous avons dans un premier temps adapté et étendu les techniques de base des algorithmes de satisfaction de contraintes (cohérence d'arc, propagation des contraintes, etc), puis nous avons proposé un retour-arrière basé sur la détection de sous-problèmes incohérents. Enfin l'étude des heuristiques (ordonnancement des objets à placer, choix des valeurs, etc.) a montré notamment l'intérêt d'une propagation totale des contraintes (*full look-ahead*) lors du placement de chaque objet.

Nous avons validé cette approche en prenant comme application la conception préliminaire des plans de sol [11, 10].

3.2.5 Abduction pour le raisonnement temporel

Participants : Nicolas Chleq, Bertrand Neveu

Nous avons achevé l'étude d'une procédure de raisonnement abductif adaptée au raisonnement temporel. L'usage du raisonnement abductif permet de résoudre certains problèmes comme la persistance temporelle, et aussi de proposer une autre approche pour la planification temporelle.

Notre travail est inspiré de travaux sur l'extension de la programmation logique à l'abduction, c'est-à-dire principalement l'extension de la résolution SLD à la génération d'hypothèses. Cette procédure étend les possibilités de la programmation logique abductive en intégrant des techniques de la programmation logique avec contraintes. De ce fait, on peut voir notre travail comme une fusion entre la programmation logique abductive et la programmation logique avec contraintes [13].

L'usage de cette procédure abductive pour quelques problèmes de planification a permis de montrer que si les actions du plan et les persistances nécessaires à l'accomplissement de celui-ci pouvaient être générées comme des hypothèses, il était nécessaire d'accorder un soin particulier aux hypothèses de persistance, afin que celles-ci soient valides quel que soit l'ordre des actions, plus précisément dans toutes les linéarisations du plan. Ceci est nécessaire lorsque le plan est non linéaire, ce qui est *a priori* le cas dans la planification par abduction. Ce problème n'est pas encore complètement résolu et la solution actuellement implantée n'est valable que pour certains domaines d'application.

L'implantation de cette procédure a permis d'étudier différents systèmes de propagation de contraintes temporelles. Nous avons en particulier étendu des algorithmes de propagation de contraintes temporelles à l'usage de termes fonctionnels, comme cela se fait en programmation

logique avec contraintes [12]. Nous avons aussi proposé quelques algorithmes de gestion de contraintes temporelles quantitatives qui sont plus efficaces que les algorithmes de propagation habituellement utilisés : ces algorithmes reposent sur l'utilisation d'un critère de consistance plus faible, mais néanmoins suffisant pour déterminer la consistance globale des contraintes.

3.3 Logiciels comprenant des outils d'intelligence artificielle

Nos recherches concernent les logiciels complexes intégrant des composants d'intelligence artificielle. Ils peuvent mettre en jeu une équipe de concepteurs comme par exemple en CAO ou encore dans les systèmes d'information intégrant des expériences passées et les systèmes coopératifs. Les recherches ont porté sur la place de l'argumentation en résolution de problèmes, que celle-ci soit en situation individuelle ou collective, sur le raisonnement par cas pour des problèmes de conception et de commande de processus, sur un environnement intégrant des méthodes de théorie des jeux et d'intelligence artificielle, sur un système d'aide à la composition musicale fondé sur les contraintes.

3.3.1 Place de l'argumentation dans une activité de résolution de problèmes

Participant : Brigitte Trousse

Nos objectifs sont de mieux comprendre les activités de résolution de problèmes, d'améliorer les capacités coopératives des systèmes d'IA trop souvent limitées et la modélisation d'un système multi-agent. Pour cela, nous avons poursuivi notre étude théorique sur le rôle de l'argumentation dans une activité de résolution de problèmes (RSP) et mené une étude empirique en conception. Nous envisageons de réaliser un module de modélisation de connaissances argumentatives graduelles (ou topoi) ainsi qu'un outil supportant l'extraction de modèles topiques à partir de documents voire de protocoles.

Etude théorique

L'originalité de cette étude démarrée en 1992 [7] consiste à considérer l'activité de résolution de problème comme une activité argumenta-

tive basée sur les topoi. Des conséquences intéressantes sur l'assistance logicielle à un utilisateur en RSP ont été mises en évidence.

Etude empirique en conception

En collaboration avec H. Christiaans (Université de Technologie de Delft), une étude empirique a été menée sur le rôle de l'argumentation dans le processus même de conception. Ce travail [21] a nécessité d'une part d'élaborer une méthode d'analyse de protocoles sur la base de notre étude théorique. Puis, nous l'avons appliquée sur deux protocoles retranscrits - un en situation individuelle, l'autre en situation collective -, issus d'une expérimentation réalisée à Xerox Parc (Palo Alto) en "Design industriel". Les résultats obtenus ont permis de confirmer les hypothèses issues de nos travaux théoriques et d'expliquer voire de prédire les interactions des concepteurs dans une étape de RSP selon leur modèle topique respectif.

3.3.2 Organisation de la conception

Participant : Brigitte Trousse

Un travail de synthèse [8] sur l'organisation de la conception a été réalisé avec K. Zreik (Université de Caen) à partir d'une sélection des travaux de la 3^e table ronde 01Design93 [7, 2]. Diverses approches ont été identifiées: holistiques/spécifiques (produit ou processus), disciplinaires (psychologie cognitive, ingénierie), paradigmatiques (agent concepteur ou société d'agents).

3.3.3 Raisonnement par cas

Participants : Michel Jaczynski, Brigitte Trousse

Nous envisageons la spécification et la réalisation d'une boîte à outils pour développer des systèmes d'aide à la réutilisation d'expériences passées. Ces travaux sont motivés par deux types de problème, la conception et la commande de processus dynamiques. Le premier nécessite la prise en compte de la flexibilité des problèmes, le second leur dimension temporelle.

Flexibilité dans l'étape de recherche de situations passées

Motivés par certaines spécificités des problèmes de conception, nous

avons développé un module de recherche de cas que nous avons amélioré cette année [14] : celui-ci utilise une représentation par objets et basée sur des ensembles flous afin de permettre à l'utilisateur l'expression de l'imprécis et des préférences dans la formulation de son problème et la représentation des cas ; l'algorithme de recherche utilise une indexation par classification floue dans la phase de filtrage.

Commande de processus dynamiques

Un processus dynamique est un processus qui évolue dans le temps. Ce processus est observé grâce aux mesures successives de certaines grandeurs caractéristiques appelées *sorties* ou *points de vues*. Cette évolution est influencée par des *perturbations* et des *commandes* qui sont caractérisées par un *retard* et une *durée* d'activité.

La prise de décision en continu consiste à déterminer les valeurs des commandes et de leurs évolutions dans le temps de manière à faire évoluer le processus dans le sens désiré. La base de notre approche est de ne pas utiliser un modèle du domaine et du fonctionnement du processus. En effet, l'approche modélisatrice présente des inconvénients : le modèle peut être difficile à construire, un modèle est toujours une approximation d'un phénomène, sa mise en œuvre peut être impossible techniquement ou trop coûteuse en temps d'exécution. C'est pourquoi nous proposons d'étudier l'application du raisonnement par cas, technique qui peut être appliquée avec une théorie faible du domaine. Ce type de raisonnement utilise les expériences appelées *cas*, pour déterminer les commandes. Ce raisonnement peut également être vu comme une première étape dans l'étude modélisatrice du processus car il peut permettre, grâce à ses explications, de mieux comprendre le phénomène et de mettre en évidence certaines propriétés.

Sur le plan du raisonnement par cas, ce type de problème présente certaines spécificités : il s'agit d'intégrer la dimension temporelle dans la représentation et le traitement des cas, d'effectuer un raisonnement rapide et de remettre en cause chaque décision durant son exécution. Nous avons commencé une étude comparative avec des approches issues de l'automatique ainsi qu'une étude sur la représentation pertinente de l'évolution dans le temps de grandeurs. Cette représentation est importante car elle détermine en grande partie la manière de comparer et d'organiser les cas.

Cette étude a été motivée par un problème posé par l'INRA de Sophia-Antipolis (cf 4.5).

3.3.4 Programmation symbolique et théorie des jeux différentiels

Participants : Stéphane Le Méneç, Pierre Bernhard, Bertrand Neveu

Nous avons terminé l'implantation de ADAM, système d'aide pour des duels aériens avec des missiles à moyenne distance du type MICA AM-RAAM (Missile d'Interception de Combat et d'Auto-défense/Advanced Medium Range Air to Air Missile). L'application nous a été fournie par MATRA DÉFENSE et ce travail de thèse a été financé par une bourse DRET.

ADAM est un environnement multi systèmes experts écrit en SMECI validant l'utilisation de concepts de jeux dynamiques, comme les zones de capture définies par des barrières de jeux différentiels. Un joueur aidé par ADAM est confronté à un second joueur manipulé par un utilisateur ou suivant un comportement réactif prédéfini. Une interface graphique complète permet le paramétrage de ADAM et l'analyse des duels joués.

Le développement de ADAM a été arrêté au stade de maquette. Pour une analyse des résultats plus complète, notamment des stratégies de jeu observées, il faudrait implanter dans les simulations SMECI un modèle d'avion et un modèle de missile plus réalistes. L'utilisation d'arbres de décisions s'avère pratiquement inévitable pour optimiser les stratégies des joueurs. Même si la forte combinatoire de ces arbres a été diminuée en utilisant les résultats de sous-jeux, une solution distribuée, qui n'a pas été testée, semble intéressante. L'utilisation de zones de captures définies par des barrières de jeux différentiels s'avère toujours originale, souple d'emploi et particulièrement bien adaptée à ces problèmes à forte explosion combinatoire.

Les résultats de ADAM ont été diffusés dans différentes conférences de différents domaines (intelligence artificielle [16], simulations et systèmes d'entraînements, principalement militaires [17], jeux différentiels [15] et commande optimale [18]).

3.3.5 Un outil d'aide à la composition musicale fondé sur les contraintes

Participants : Philippe Ballesta, Laurent Carrot, Raphaël Porcher

Cette année voit l'achèvement des travaux de recherche sur la réalisation d'un outil d'aide à la composition musicale [9, 6, 26].

Dans un premier temps, ont été définis le rôle et les qualités d'un tel outil. Une partie non négligeable de la tâche de composition, partie nommée précomposition, consiste en la structuration et l'organisation d'objets musicaux conformément aux règles ou contraintes que le compositeur se fixe. Développer un outil d'aide à la composition répond au désir d'automatiser, dans un souci d'efficacité, cette étape systématique de prétraitement du matériau musical. Un tel outil doit permettre non seulement la représentation naturelle et non réductrice des objets musicaux mis en jeu, mais aussi la déclaration et la prise en compte efficace des relations auxquelles doivent se soumettre ces objets. Cette tâche de structuration et d'organisation est ainsi envisagée sous l'angle déclaratif.

Dans un deuxième temps, nous avons proposé une méthodologie de développement d'un tel outil. Cette méthodologie prône l'utilisation couplée des programmations par objets et par contraintes comme les deux clefs de voûte de l'outil. L'étape de précomposition est assimilée à la résolution d'un problème de satisfaction de contraintes. Les contraintes de ce CSP, traduction des règles musicales que le compositeur a édictées, ne portent plus sur de simples variables atomiques, mais sur des objets, instances des classes représentant les structures musicales.

Dans un troisième temps, nous avons mis en œuvre cette méthodologie dans le cadre particulier, mais non restrictif, de la musique tonale en utilisant l'outil de programmation par contraintes ILOG SOLVER. Nous avons représenté tout d'abord un certain nombre de structures musicales omniprésentes dans ce type de musique (notes, intervalles, accords ou tonalité). Le réemploi et l'extension de telles structures ont conduit au développement d'un outil d'aide dédié à la résolution d'exercices d'harmonie à quatre voix.

L'expérience acquise a été mise à profit d'autre part par deux étudiants de l'ENPC qui ont étudié la génération automatique de canons obligés à plusieurs voix. L'accent a été mis cette fois sur l'obtention de résultats musicalement plus intéressants par l'attribution de valeurs rythmiques aux notes et par l'utilisation de notes étrangères à l'harmonie [26].

4 Action industrielles

4.1 Dassault Aviation

Participants : Franck Lebastard, Stéphane Demphlous

Le projet SECOIA et Dassault Aviation sont liés par un contrat ayant pour objet de fournir un service de persistance au système SCRIPT développé par Dassault en utilisant DRIVER. DRIVER doit en particulier être rendu opérationnel dans le cadre d'une application manipulant un volume important de données. On s'intéresse donc aux problèmes de performance :

- en temps, pour le chargement de données, en fonction des choix faits dans le schéma de correspondances entre classes et tables relationnelles;
- en volume de données chargées.

Le projet participe également au contrat GENIE qui lie l'INRIA et Dassault Aviation. Dans ce contrat, SECOIA développera une nouvelle version du système DRIVER, qui apporte la persistance à des objets complexes au sein d'un SGBD relationnel. Cette fois, le modèle à objets sera plus complexe et comprendra notamment les notions de méta-classe et de fonction générique.

4.2 IFP-Rueil-Malmaison

Participant : Brigitte Trousse

Une activité de conseil a été menée auprès de B. Braunschweig (groupe IA-IFP) sur l'utilisation du raisonnement par cas pour la conception et la constitution de dossiers techniques de procédés. A cette occasion, des contacts ont eu lieu avec des spécialistes de la division industrielle de l'IFP (Rueil-Malmaison).

4.3 CNES

Participant : Brigitte Trousse

B. Trousse a poursuivi la réflexion démarrée avec le CNES-Toulouse (D. Galarreta -groupe IA) [7]. Un contrat sur la gestion de points de vues dans des activités de résolution de problèmes complexes va démarrer

fin 1994 pour une durée de 16 mois. Il s'agira essentiellement d'étudier la notion de point de vue dynamique, c'est-à-dire les mécanismes de création d'un point de vue à partir de points de vues existants. De même, un modèle de corrélation de points de vues sera étudié. Notre approche sera basée sur nos travaux sur les topoi en argumentation en liaison avec les activités.

4.4 Matra Défense

Participants : Bertrand Neveu, Pierre Berlandier

Un nouveau contrat de conseil sur la programmation par contraintes avec Matra Défense a démarré fin 1994.

4.5 Contacts industriels

4.5.1 IFP-Lyon

Participant : Brigitte Trousse

B. Trousse a poursuivi sa participation à l'encadrement de la thèse de F. Wahl de l'IFP à Lyon, thèse dirigée par M. Gondran (EDF). F. Wahl a soutenu sa thèse le 5 décembre 1994 à l'ENPC sur "un environnement d'aide aux ingénieurs basé sur une architecture en tâches et sur un module de visualisation de courbes. Application à la conception de procédés de raffinage".

4.5.2 INRA-Sophia-Antipolis

Participants : Michel Jaczynski, Brigitte Trousse

Nous avons poursuivi nos contacts avec l'INRA sur un problème de nutrition de plantes. Plus précisément, chaque jour, il faut déterminer la concentration en sels minéraux de l'irrigation de manière à maintenir constante la concentration de la solution du drainage. Tout ce procédé est influencé par des perturbations qui sont soit inconnues, soit mesurées. La constante à maintenir ou consigne est déterminée *a priori* à partir des besoins estimés pour une bonne croissance. Le but est de limiter les pertes et la pollution de l'environnement. Les connaissances sur le domaine sont très limitées ce qui justifie l'étude de l'application du raisonnement par cas.

4.5.3 Aérospatiale-Cannes-la-bocca

Participants : Michel Jaczynski, Brigitte Trousse

Nous avons poursuivi nos relations avec M. Castellanet de l'Aérospatiale sur les problèmes de conception et rencontré M. Chautard et son équipe au sujet des domaines d'application de la technologie du raisonnement par cas.

5 Actions nationales et internationales

5.1 Actions nationales

5.1.1 Projet PRC-IA : CSP FLEX

Le projet SECOIA fait partie avec le CERT, l'IRIT, l'INRA, le LIRMM et le LIUP du projet national PRC-IA sur les contraintes flexibles. Deux réunions plénières ont eu lieu cette année. Le projet CSP-FLEX a organisé un workshop sur ce thème " Constraint Satisfaction Issues Raised by Practical Applications" pour le congrès ECAI94. Participation de P. Berlandier, B. Neveu et G. Trombettoni.

5.1.2 Groupes de travail nationaux

GRACQ Groupe national de modélisation et d'acquisition des connaissances (AFCET-AFIA). Participation de B. Trousse.

CBR Groupe national sur le raisonnement par cas réunissant les chercheurs travaillant sur ce domaine. Participation de M. Jaczynski et B. Trousse au deuxième séminaire sur le CBR à Nancy organisé par le CRIN : à cette occasion, un exposé de nos travaux en CBR a été fait.

5.1.3 Groupe de travail local (Sophia Antipolis)

Groupe de travail sur les contraintes I3S-INRIA

Des réunions (9 en 1994) ont permis un échange d'idées et une comparaison d'approches entre des chercheurs et doctorants de l'I3S et de l'INRIA (projet SECOIA) travaillant dans le domaine des contraintes. Participation de P. Ballesta, P. Berlandier, P. Charman, B. Neveu, G. Trombettoni, B. Trousse.

5.1.4 Actions de recherche

J.C. Lebahar (Ecole d'Architecture de Marseille-Luminy) et B. Trousse ont fait une proposition de projet de recherche pour le programme interdisciplinaire d'action "systèmes de production" du CNRS. Celle-ci porte sur une comparaison des approches "IA et Analyse cognitive du travail" pour l'analyse de l'activité de conception (celle-ci sera basée sur un protocole d'un expert en architecture).

T. Orel (EUROPIA, Paris) et B. Trousse ont démarré une étude épistémologique sur la conception.

5.2 Invitations

B. Trousse a été invitée à faire une conférence dans les séminaires :

"Activités de conception" organisé par Pierre Falzon du CNAM (Paris)

"Coopération et conception" organisé par Gilbert de Tersac du LAAS-CNRS (Toulouse).

5.3 Activités diverses

AFIA B. Trousse participe aux actions et décisions prises par l'AFIA ("Association Française pour l'Intelligence Artificielle") en tant que membre du bureau et trésorière.

CSTB B. Neveu est membre du comité consultatif.

5.4 Actions internationales

5.4.1 Invitations

P. Charman a effectué un séjour de 3 mois à l'Université du New Hampshire à Durham, auprès du professeur E. Freuder.

B. Trousse a été invitée à participer au séminaire international sur l'analyse de l'activité de conception à partir de protocoles organisé par K. Dorst, H. Christiaans et N. Cross (Faculty of Industrial Design Engineering) à l'Université de technologie de Delft en septembre 1994. Environ 25 spécialistes en conception ont analysé les protocoles proposés en conception (un en situation individuelle, l'autre collective) et ont présenté leurs travaux.

5.4.2 Collaboration

B. Trousse mène actuellement une collaboration de recherche avec Henri Christiaans de l'Université de Technologie de Delft sur l'étude du processus de conception à partir d'analyse de protocoles retranscrits. H. Christiaans est venu à Sophia du 1er au 6 août 1994.

5.4.3 Comités de programme

ECAI 94 workshop on Constraint Satisfaction Issues Raised by Practical Applications, B. Neveu, P. Berlandier et G. Trombettoni relecteurs.

ISMIS 94 P. Berlandier relecteur.

ILPS 94 P. Berlandier relecteur.

DASFAA 95 F. Lebastard relecteur.

COOP 95 F. Lebastard relecteur.

IA '94 B. Trousse relecteur.

ESDA 94 Second Biennial European Joint Conference on Engineering Systems Design and Analysis B. Trousse relecteur.

EWCBR'94 Second European Workshop on Case Based Reasoning. B. Trousse relecteur.

RPO'94 Représentations par objets XAO, Paris. Membre du comité de programme: B. Trousse

JAC'94 Troisièmes journées francophones sur l'acquisition des connaissances, Strasbourg. Membre du comité de programme: B. Trousse

AI in Design'94 Third International Conference on AI in Design. Membre du comité de programme: B. Trousse

5.4.4 Comités de rédaction

Computational Intelligence N. Chleq relecteur.

Int. Journal of Design Sciences and Technology Membre du comité de lecture : B. Trousse.

6 Diffusion des résultats

6.1 Enseignement

6.1.1 Enseignement universitaire

Pascal, DEUG A SPI deuxième année UNSA, 60 h, G. Trombettoni.

Unix - X Window, Cours et TD [1], Maîtrise d'Ingénierie Mathématique à l'UNSA, 40 h, P. Charman, responsable de l'UV Programmation.

Intelligence Artificielle, Cours sur la représentation des connaissances et le générateur de systèmes experts SMECI, Mastère spécialisé en Génie Informatique (CERAM), 6h, W. Lejouad.

TP Smeci, Travaux pratiques, Mastère spécialisé en Génie Informatique (CERAM), 3h, W. Lejouad.

TP Masai, Travaux pratiques sur les environnements de création d'interfaces graphiques AIDA et MASAI, 3^{ème} année de l'ESSI, 6h, W. Lejouad, P. Berlandier.

TP Algorithmique, 1^{ère} année DEUG Math-Info, UNSA, 8h, W. Lejouad.

Intelligence Artificielle, participation au cours ENTPE 3^{ème} année, 9h, F. Lebastard, B. Trousse.

Bases de données, participation au cours ENTPE 3^{ème} année, 12h, F. Lebastard.

Bases de données objet, DEA Informatique UNSA, 3h, F. Lebastard.

Lisp, cours ESSTIN, 30h, responsable : F. Lebastard.

Génie Logiciel et Langages Orientés Objet, cours ENTPE 3^{ème} année, 6h, responsable : F. Lebastard.

Intelligence Artificielle et CAO, cours 3^{ème} année ESSI, 20h, B. Trousse (responsable), P. Charman.

IA en conception, applications en Ingénierie Spatiale, Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'Espace, 3h, 3^{ème} année, B. Trousse.

Programmation par contraintes, cours ESSI 3^{ème} année, 4h, P. Berlandier.

6.1.2 Thèses

Wided Lejouad, Stéphane LeMénéec et Philippe Ballesta ont soutenu leurs thèses en 1994.

B. Trousse a participé en 1994 à 6 jurys de thèse, 2 en tant que rapporteur, 3 en tant qu'examineur et 1 en tant que co-encadreur.

B. Neveu a participé en 1994 à 4 jurys de thèse, 3 en tant que directeur ou encadreur, 1 en tant qu'examineur.

Le projet est une équipe d'accueil de doctorants pour le DEA Informatique de l'UNSA.

Le projet SECOIA participe aux propositions d'enseignement de deux DEA en informatique : UNSA (F. Lebastard, B. Neveu, B. Trousse) et Université des Sciences Sociales à Toulouse (B. Trousse).

6.1.3 Stages

Projet d'étude ESSI, Hassan Esper et Michel Mangel, intégration du filtrage parallèle dans un générateur de systèmes experts réparti, 4 mois, encadrement W. Lejouad.

TFE ENTPE et stage DEA St Etienne, Alain Bernardeau-Moreau, gestion d'objets dans un environnement distribué hétérogène : application sur une base de données objet, 5 mois, encadrement F. Lebastard.

Stage scientifique ENPC, Laurent Carrot et Raphaël Porcher, génération automatique de canons musicaux, 3 mois, encadrement P. Ballesta.

Stage scientifique ENPC, Manuel Astier et Julien Saada, maintien de solution par dichotomie parallèle, 3 mois, encadrement G. Trombettoni.

6.2 Participation à des conférences et colloques

Les membres de l'équipe ont participé aux conférences et colloques suivants :

ECAI'94 Amsterdam, Pays Bas. P. Berlandier, B. Neveu et G. Trombettoni.

TAI'94 La Nouvelle Orléans, Etats Unis. P. Berlandier et P. Charman.

AAAI'94 Seattle, Etats Unis. P. Charman

ITEC'94 Pays Bas. S. LeMénéec.

SDGA'94 St-Jovite, Canada. S. LeMénéec.

CDC'94 Floride, Etats-Unis. S. LeMénéec.

IA'94 Paris. B. Trousse et S. LeMénéec.

RFIA'94 Paris, N. Chleq.

JAC'94 Strasbourg. B. Trousse.

JFPL'94 Bordeaux. P. Charman.

JIM'94 Bordeaux. P. Ballesta.

RJCIA'94 Marseille. P. Ballesta.

RPO'94 Paris, France. B. Trousse.

AI in Design'94 Lausanne, Suisse. B. Trousse.

TIME'94 Pensacola, Floride, Etats Unis. N. Chleq.

EWCBR'94 Chantilly, M. Jaczynski et B. Trousse.

Analysing Design activity The Delft protocols Workshop.
B. Trousse.

2 ème séminaire national CBR Nancy, M. Jaczynski et B. Trousse.

6.3 Réunions diverses

6.3.1 Séminaires INRIA/IA intercentres

Nous avons participé aux quatrièmes rencontres INRIA/IA, à Nancy les 20 et 21 décembre.

6.3.2 Séminaires INRIA/IA interéquipes

Nous avons participé aux séminaires en Intelligence Artificielle, réunissant les équipes IA du centre de Sophia Antipolis, (ACACIA, ORION et SECOIA).

6.3.3 Séminaire CERMICS

Le projet SECOIA a présenté ses travaux lors du séminaire annuel du CERMICS les 5-6 juillet à Sophia Antipolis.

6.4 Diffusion de produits

Le logiciel DRIVER a été transmis à Dassault-Aviation (cf 4.1).

Le logiciel CHOOE est utilisé par l'action ORION.

7 Publications

Livres et monographies

- [1] P. CHARMAN, *Guide pratique d'Unix et de X Window*, Éditions Cépaduès, 1994.
- [2] B. TROUSSE, K. ZREIK, *L'organisation de la conception*, EUROPIA, décembre 1994.

Thèses

- [3] P. BALLESTA, *Contraintes et objets : clefs de voûte d'un outil d'aide à la composition musicale ?*, Thèse de doctorat, Université du Maine (Le Mans), décembre 1994.
- [4] S. LE MÉNEC, *Théorie des jeux dynamiques et techniques de programmation avancée appliquées au duel aérien à moyenne distance*, Thèse de doctorat, Université de Nice Sophia-Antipolis, novembre 1994.
- [5] W. LEJOUAD, *Etude et application des techniques de distribution pour un générateur de systèmes à base de connaissances*, Thèse de doctorat, Université de Nice Sophia-Antipolis, octobre 1994.

Articles et chapitres de livre

- [6] P. BALLESTA, «L'ordinateur : un auxiliaire pour le compositeur ?», *Annales de l'E.N.P.C. (École Nationale des Ponts et Chaussées)*, 69-70 (l'informatique et l'art de concevoir), septembre-octobre 1994.
- [7] D. GALARRETA, B. TROUSSE, «Coopération entre activités dans les organisations complexes», *in : L'organisation de la conception*, Editions EUROPIA, décembre 1994, p. 83-99.
- [8] B. TROUSSE, K. ZREIK, «Introduction : l'organisation de la conception », *in : L'organisation de la conception*, Editions EUROPIA, décembre 1994, p. 3-13.

Communications à des congrès, colloques, etc.

- [9] P. BALLESTA, « Contraintes et objets : clefs de voûte d'un outil d'aide à la composition musicale ? », *in : Actes des premières journées d'informatique musicale de Bordeaux (JIM 94)*, LaBRI, Université Bordeaux I, p. 39–52, Bordeaux, France, mars 1994. aussi dans Actes des secondes rencontres nationales des jeunes chercheurs en intelligence artificielle (RJCIA 94), pages 137–145.
- [10] P. CHARMAN, « A constraint-based approach for the generation of floor plans », *in : 6th IEEE International Conference Tools with Artificial Intelligence (TAI94)*, p. 555–563, novembre 1994.
- [11] P. CHARMAN, « Une approche basée sur les contraintes pour la conception préliminaire des plans de sol », *in : Journées Francophones de Programmation en Logique*, LaBRI, Université Bordeaux I, mai 1994.
- [12] N. CHLEQ, « Inférences par résolution et logiques temporelles réifiées », *in : Actes du 9^{ième} congrès Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle*, AFCET, p. 259–268, Paris, France, janvier 1994.
- [13] N. CHLEQ, « Using Constrained Resolution for Abductive Temporal Reasoning », *in : Proc. of TIME'94*, p. 54–59, Pensacola, Floride, Etats Unis, mai 1994.
- [14] M. JACZYNSKI, B. TROUSSE, « Fuzzy Logic for the Retrieval Step of a Case-Based Reasoner », *in : Second European Workshop on Case-Based Reasoning (EWCBR'94)*, p. 313–320, Chantilly, novembre 1994.
- [15] S. LE MÉNEC, P. BERNHARD, « Theory of Differential and Symbolic Programming », *in : Sixth International Symposium on Dynamic Games and Applications*, The International Society of Dynamic Games, p. 343 – 350, Saint Jovite, Canada, juillet 1994.
- [16] S. LE MÉNEC, « ADAM : Aide au duel aérien moderne, Théorie des jeux différentiels et programmation symbolique », *in : AI'94, 14^{ièmes} journées internationales d'Avignon*, EC2 (éd.), p. 455 – 466, Palais des congrès, Paris, France, mai-juin 1994.
- [17] S. LE MÉNEC, « Artificial Intelligence and Theory of Differential Games to Simulate Air Combats with Advanced Missiles », *in : International Training Equipment Conference and Exhibition Proceedings*, ITEC Ltd, p. 360 – 365, The Netherlands Congress Centre, avril 1994.
- [18] S. LE MÉNEC, « Differential Games and Symbolic Programming to Calculate a Guaranteed Aircraft Evasion in Modern Aerial Duels », *in : 33rd Conference on Decision and Control*, IEEE Control System Society, Lake Buena Vista, Floride, Etats Unis, décembre 1994.
- [19] B. NEVEU, P. BERLANDIER, « Arc-Consistency for Dynamic Constraint Problems : An RMS free approach », *in : ECAI94 Workshop on Constraint*

- Satisfaction Issues Raised by Practical Applications*, p. 81–85, Amsterdam, Pays Bas, août 1994.
- [20] B. NEVEU, P. BERLANDIER, «Maintaining Arc Consistency through Constraint Retraction», in : *6th IEEE International Conference Tools with Artificial Intelligence (TAI94)*, p. 426–431, La Nouvelle Orléans, Louisiane, Etats Unis, novembre 1994.
- [21] B. TROUSSE, H. CHRISTIAANS, «Design as a discursive activity: a semio-linguistic and action-based analysis of the individual and collective activities», in : *Analysing Design Activity - The Delft protocols Workshop*, p. 313–328, Delft, Pays Bas, octobre 1994.

Rapports de recherche et publications internes

- [22] M. ASTIER, J. SAADA, *Maintien de solution par dichotomie parallèle*, Rapport de stage, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1994.
- [23] P. BERLANDIER, «Deux variations sur le thème de la consistance d’arcs : un maintien de consistance d’arcs et un calcul de consistance de chemins limitée», *Rapport de Recherche n° 2426*, INRIA Sophia Antipolis, décembre 1994.
- [24] A. BERNARDEAU-MOREAU, *Gestion d’objets dans un environnement distribué hétérogène : application sur une base de données objet*, mémoire de dea, Université de Saint-Étienne, septembre 1994.
- [25] M. BOUZOUBAA, «Houria : un résolveur de contraintes fonctionnelles hiérarchiques», *Rapport de recherche n° 94-32*, CERMICS-INRIA, novembre 1994.
- [26] L. CARROT, R. PORCHER, P. BALLESTA, *Génération automatique de canons musicaux*, Rapport de stage, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, juillet 1994.
- [27] P. CHARMAN, «Solving space planning problems using constraint technology», *Rapport technique cs 57/93*, Institute of Cybernetics – Estonian Academy of Sciences, 1993.
- [28] A.-M. DERY, W. LEJOUAD, «From Modular Architectures to Distributed Applications», *Rapport de Recherche n° 2398*, INRIA Sophia Antipolis, novembre 1994.

8 Abstract

SECOIA (Expert Systems and Design of Tools for Artificial Intelligence) is a joint project of INRIA and CERMICS, a research center of ENPC

(Ecole Nationale des Ponts et Chaussées). It has succeeded to the SMECI project at the end of the development of the SMECI expert system shell.

8.1 Aims

The main research aims of SECOIA project consist in studying knowledge representation and reasoning mechanisms, designing and developing the relevant software tools (object oriented languages, constraint programming, production rules, task programming), and proposing a distributed architecture, which let these diverse tools cooperate, as well as links with other classical softwares, like databases and CAD tools.

8.2 Research directions

Modularity is an important research direction, for the AI tools, as well as for the knowledge bases implemented with these tools. A distributed architecture for an object oriented knowledge base system has been developed : it can use external relational databases to provide persistency to objects.

Constraint programming is a second research direction. Solution maintenance after a perturbation, optimization, flexibility, constraint integration in an object oriented knowledge representation are the main research topics. Object placement and music composition are among the applications using constraint programming and developed in the SECOIA project.

A third research direction concerns design problems, the main knowledge representations (frames, constraints, rules, tasks), reasoning types and techniques used (case based reasoning, qualitative reasoning, constraint propagation, consistency maintenance). The project wishes to provide an assistance for interactive design applications.

The project is also studying temporal reasoning, links between AI methods and game theory techniques and the use of case base reasoning for process control.

Table des matières

1	Composition de l'équipe	1
2	Présentation du projet	2
3	Actions de recherche	3
3.1	Objets, persistance et répartition	3
3.1.1	Bases de données et objets	3
3.1.2	Objets et répartition	4
3.1.3	Un générateur de SBC réparti	5
3.2	Programmation par contraintes	6
3.2.1	Consistance d'arc	6
3.2.2	Extensions du formalisme	7
3.2.3	Le maintien de solution d'un problème de contraintes	8
3.2.4	Gestion de contraintes géométriques pour l'amé- nagement spatial	10
3.2.5	Abduction pour le raisonnement temporel	11
3.3	Logiciels comprenant des outils d'intelligence artificielle .	12
3.3.1	Place de l'argumentation dans une activité de résolution de problèmes	12
3.3.2	Organisation de la conception	13
3.3.3	Raisonnement par cas	13
3.3.4	Programmation symbolique et théorie des jeux différentiels	15
3.3.5	Un outil d'aide à la composition musicale fondé sur les contraintes	16
4	Action industrielles	17
4.1	Dassault Aviation	17
4.2	IFP-Rueil-Malmaison	17
4.3	CNES	17
4.4	Matra Défense	18

4.5	Contacts industriels	18
4.5.1	IFP-Lyon	18
4.5.2	INRA-Sophia-Antipolis	18
4.5.3	Aérospatiale-Cannes-la-bocca	19
5	Actions nationales et internationales	19
5.1	Actions nationales	19
5.1.1	Projet PRC-IA : CSP FLEX	19
5.1.2	Groupes de travail nationaux	19
5.1.3	Groupe de travail local (Sophia Antipolis)	19
5.1.4	Actions de recherche	20
5.2	Invitations	20
5.3	Activités diverses	20
5.4	Actions internationales	20
5.4.1	Invitations	20
5.4.2	Collaboration	21
5.4.3	Comités de programme	21
5.4.4	Comités de rédaction	21
6	Diffusion des résultats	22
6.1	Enseignement	22
6.1.1	Enseignement universitaire	22
6.1.2	Thèses	23
6.1.3	Stages	23
6.2	Participation à des conférences et colloques	23
6.3	Réunions diverses	24
6.3.1	Séminaires INRIA/IA intercentres	24
6.3.2	Séminaires INRIA/IA interéquipes	24
6.3.3	Séminaire CERMICS	24
6.4	Diffusion de produits	25

7 Publications	25
8 Abstract	27
8.1 Aims	28
8.2 Research directions	28