

Rapport d'activité

Laboratoire d'Informatique Fondamentale d'Orléans

Université d'Orléans

2003-2006

Table des matières

1	Introduction	4
1.1	Présentation générale	4
1.2	Thèmes et structuration de la recherche	4
2	Contraintes et Apprentissage	6
2.1	Membres du projet Contraintes et Apprentissage (CA)	6
2.1.1	Permanents	6
2.1.2	Non permanents	6
2.1.3	Chercheurs associés ou invités	6
2.1.4	Doctorants	6
2.2	Introduction	6
2.3	Principaux résultats	8
2.3.1	Contraintes	8
2.3.2	Apprentissage Automatique	9
2.4	Positionnement des travaux	11
2.5	Perspectives	12
2.6	Logiciels développés	14
2.7	Projets	15
2.8	Animation de la recherche	16
2.8.1	Associations	16
2.8.2	Comités de programme	16
2.8.3	Vulgarisation	17
2.9	Thèses soutenues	17
2.10	Publications	17
3	Graphes et Algorithmes	17
3.1	Personnes ayant participé au projet	18
3.1.1	Permanents	18
3.1.2	Non-permanents	18
3.1.3	Visiteurs	18
3.2	Thématiques et résultats	18
3.2.1	Classes particulières de graphes	18
3.2.2	Algorithmique des graphes	20
3.2.3	Modèles continus du calcul	21
3.3	Collaborations internationales et rayonnement	21
3.3.1	Nombre de publications	22

4	Parallélisme Réalité virtuelle et Vérification de systèmes	22
4.1	Membres	22
4.2	Introduction	23
4.3	Principaux résultats	24
4.3.1	Parallélisme et réalité virtuelle	24
4.3.2	Vérification de systèmes	25
4.4	Positionnement	27
4.5	Perspectives	29
4.5.1	Réalité virtuelle et parallélisme	29
4.5.2	Fondements de la vérification	30
4.5.3	Vérification dans des domaines spécifiques	31
4.6	Animation de la recherche	32
4.6.1	Comités de programme	32
4.6.2	Groupes de travail	32
4.6.3	Organisation de manifestations	32
4.6.4	Éditeurs invités	32
4.6.5	Vulgarisation	33
4.7	Thèses et HDR soutenues	33
4.8	Logiciels	33
4.9	Contrats et actions avec financement extérieur	34
4.9.1	En cours	34
4.9.2	Terminés	34
4.10	Publications	35
5	Sécurité et Distribution des Systèmes	35
5.1	Membres	35
5.2	Positionnement scientifique	35
5.3	Résultats	36
5.4	Participation à des projets de recherche	37
5.5	Visibilité	37
5.6	Perspectives	37
6	Publications 2003-2006	38
6.1	Publications des doctorants ayant soutenu	38
6.2	Revue internationale à comité de lecture	38
6.3	Revue nationale à comité de lecture	39
6.4	Livres et chapitres de livres	40
6.5	Édition d'ouvrages et de numéros spéciaux de revues	40
6.6	Conférences internationales avec actes et comité de lecture	40
6.7	Workshops internationaux avec actes et comité de lecture	45
6.8	Manifestations nationales avec sélection et actes	47
6.9	Autres	49
7	Références complémentaires	50

1 Introduction

1.1 Présentation générale

Le Laboratoire d'Informatique Fondamentale d'Orléans (LIFO) fêtera ses vingt ans en 2007¹. Il est reconnu par le Ministère de la Recherche *Equipe d'Accueil (EA 4022)* et accueille des enseignants chercheurs de la 27^e section du CNU provenant de l'Université d'Orléans (Faculté des Sciences – Département Informatique, IUT d'Orléans, Faculté de Droit Économie Gestion) et de l'École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Bourges (ENSIB). Il est impliqué dans le Master “Sciences et Technologies” mention “Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication” et mention “Méthodes informatiques appliquées à la gestion des entreprises”.

Dirigé de 2000 à 2005 par Gaétan Hains il est, depuis janvier 2006, dirigé par Christel Vrain. Ses effectifs comprennent² 29 enseignants chercheurs permanents, 6 attachés temporaires d'enseignement et de recherche, 1 chercheur post-doctorant, 1 ingénieur de recherche à temps partiel, 1 secrétaire à mi-temps et 12 doctorants. Il accueille tous les ans 2 ou 3 enseignants chercheurs étrangers pour des séjours d'un mois.

La période 2003-2006 est une période de grands changements pour le LIFO. D'une part il a obtenu son association au CNRS à partir de 2002 en tant que *Formation de Recherche en Évolution (FRE 2490)*. Toutefois conformément à la politique du département *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication* du CNRS visant à recentrer son activité sur les laboratoires dans lesquels il est le plus fortement impliqué (notamment en termes de personnels), cette association a pris fin en décembre 2006. D'autre part plus du tiers des membres actuels du LIFO ont rejoint le laboratoire pendant cette période. Ces bouleversements ont lieu dans un contexte par ailleurs difficile avec une sollicitation toujours croissante des personnels, par exemple pour la mise en place du système LMD, et un déficit extrême et persistant en personnels d'accompagnement de la recherche.

Le LIFO a pris toute la mesure de ces changements et s'engage dans une série d'adaptations à ces nouvelles conditions. La première de ces mesures est une restructuration de ses activités de recherche.

1.2 Thèmes et structuration de la recherche

En 2003 les activités de recherche étaient structurées en trois équipes : Graphes et Algorithmes (GA), Contraintes et Apprentissage (CA), Vérification Parallélisme et Sécurité (VPS). Dans l'équipe VPS deux thèmes étaient historiquement fortement présents au LIFO : sémantique du parallélisme et réécriture. À la création du premier poste d'enseignant-chercheur en 27^e section à l'ENSI Bourges (en 2000), une thématique sécurité a été créée, l'ensemble formant l'équipe Vérification Parallélisme et Sécurité (VPS). La figure 1 rappelle l'organisation du LIFO en 2004.

Fin 2005, l'équipe VPS représentait près de la moitié des effectifs du LIFO. Conformément à ce qui avait été prévu à la création de l'ENSIB, dès que le nombre d'enseignants-chercheurs a été suffisant sur le site de Bourges, l'équipe VPS a été scindée en deux. Les équipes ont été à cette occasion renommées projets. Cette nouvelle désignation s'accompagne d'une nouvelle sémantique : l'appartenance à une équipe était exclusif, ce qui n'est pas le cas pour les projets. Les deux projets issus de VPS en décembre 2005 sont Parallélisme Réalité virtuelle et Vérification de systèmes (PRV) et Sécurité et Distribution des Systèmes (SDS). Cette restructuration a permis de dégager une activité de recherche autour de la sécurité informatique sur le site de Bourges, thème qui s'intègre parfaitement dans la thématique fédératrice de l'ENSIB : le risque. Les activités actuelles sont donc structurées en quatre projets :

1. Contraintes et Apprentissage, CA (section 2)

¹Le Laboratoire d'Informatique fondé en 1983 par Bernard Lorho prend le nom de Laboratoire d'Informatique Fondamentale d'Orléans en 1987

²au 1^{er} septembre 2006

Laboratoire d'Informatique Fondamentale d'Orléans (LIFO)
Université d'Orléans – FRE 2490
Organigramme – Novembre 04

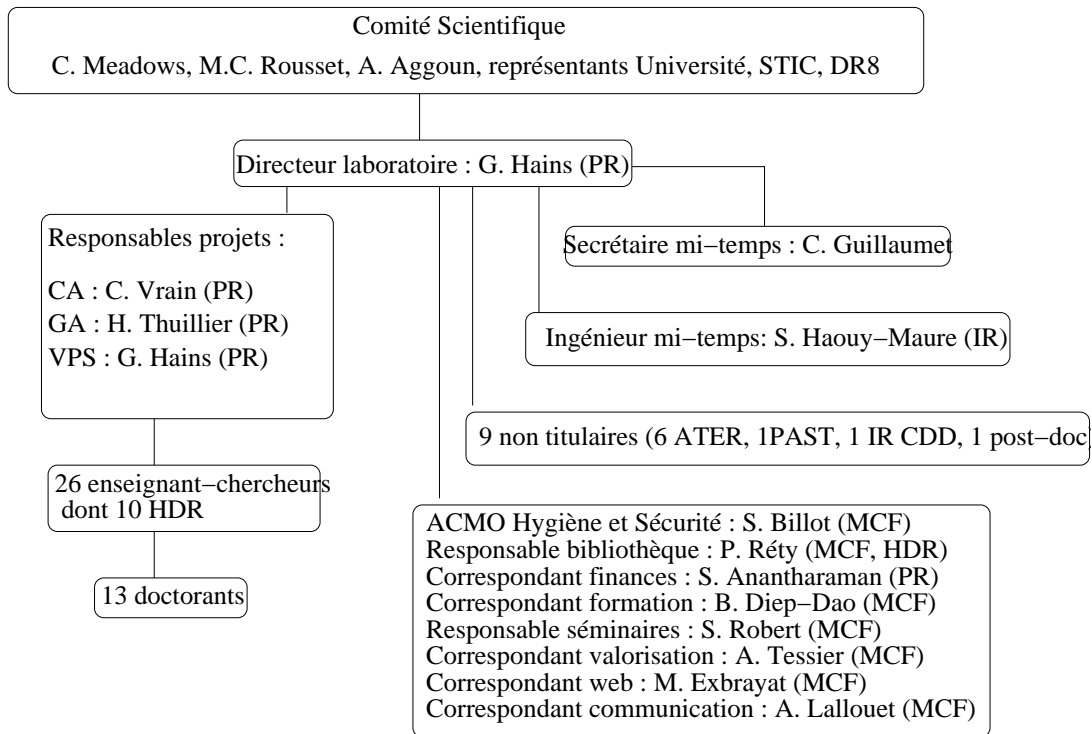


FIG. 1 – Organigramme du LIFO

2. Graphes et Algorithmes, GA (section 3)
3. Parallélisme Réalité virtuelle et Vérification de systèmes, PRV (section 4)
4. Sécurité et Distribution des Systèmes, SDS (section 5)

À travers ces thèmes sont déclinés des aspects essentiels de la recherche en Informatique : conception de nouveaux algorithmes et analyse de leurs performances, conception d'environnements et de langages de programmation, traitement et visualisation des données et des connaissances, vérification de systèmes complexes. Dans chaque domaine, le LIFO tente d'allier la recherche théorique nécessaire à la compréhension et au progrès des connaissances à la réalisation d'applications démontrant son savoir-faire.

Les sections qui suivent présentent un rapport d'activité succinct de chaque projet. Un bilan des actions de recherches financées dans lesquelles le LIFO est impliqué est donné en section ?? ainsi qu'un bilan des publications section ?. La section ?? dresse la politique scientifique du LIFO pour les années à venir. Les publications pour l'ensemble du laboratoire sont rassemblées en section 6. Pour terminer, les sections ?? , ??, ?? décrivent respectivement la formation du personnel, la gestion des problèmes d'hygiène et de sécurité et enfin l'utilisation faite des crédits alloués et la justification des crédits demandés.

2 Contraintes et Apprentissage

2.1 Membres du projet Contraintes et Apprentissage (CA)

2.1.1 Permanents

- Denys DUCHIER (PR depuis 09/06, ATER en 2005-2006, co-responsable)
- Christel VRAIN (PR, co-responsable)
- Gérard FERRAND (PR jusqu'en août 05, actuellement en retraite)
- Sylvie BILLOT (MCF)
- Guillaume CLEUZIOU (MCF, recruté en septembre 2005)
- Bich DIEP-DAO (MCF)
- Ali ED-DBALI (MCF)
- Matthieu EXBRAYAT (MCF)
- Arnaud LALLOUET (MCF)
- Willy LESAIN (MCF, recruté en septembre 04)
- Lionel MARTIN (MCF)
- Alexandre TESSIER (MCF)

2.1.2 Non permanents

- Denys DUCHIER (ATER 2005-2006, PR à partir de 01/09/2006)
- Marco BENEDETTI (invité en 2006 et 2007, financement Studium)

2.1.3 Chercheurs associés ou invités

- Viviane CLAVIER (MCF, membre du CORAL, Université d'Orléans jusqu'en août 2004, actuellement université Stendhal, Grenoble)

2.1.4 Doctorants

- Jérémy VAUTARD (début de thèse septembre 2006)
- Julien ARSOUZE (thèse soutenue en septembre 2004)
- Guillaume CLEUZIOU (thèse soutenue en décembre 2004, ATER en 2004-2005, actuellement MCF Orléans)
- Andreï LEGTCHENKO (thèse soutenue en décembre 2005, ATER en 2005-2007)
- Willy LESAIN (thèse soutenue en décembre 2003, ATER université d'Angers en 2003-2004, actuellement MCF Orléans)
- Ansaf SALLEB (thèse soutenue en décembre 2003, ATER en 2003- 2004, postdoc IRISA Rennes en 2004-2005, Associate Research Scientist au Center of Computational Learning Systems à Columbia University depuis janvier 2006)
- Teddy TURMEAUX (thèse soutenue en avril 2004)

2.2 Introduction

Le projet *Contraintes et Apprentissage*, sous la responsabilité de C. Vrain et de D. Duchier (depuis septembre 2006) est né de la fusion en 2001 de deux équipes du LIFO : Programmation Logique et Apprentissage Symbolique. Il a été co-dirigé jusqu'en 2005 par G. Ferrand (retraité depuis) et C. Vrain. Les travaux menés ont comme socle commun l'étude des mécanismes de raisonnement déductif et inductif dans des formalismes relationnels issus de la logique du 1er ordre, respectivement dans le cadre de la

Programmation Logique (*PL*) et de la Programmation Logique Inductive (*PLI*). Les domaines d'application sont, par exemple, la mise au point de programmes ou encore l'extraction de connaissances dans des bases de données relationnelles ou avancées.

Les travaux menés en PL au LIFO ont évolué vers la Programmation par Contraintes (*PC*) permettant de modéliser un problème par ses variables et les contraintes qui les lient : modélisation des solveurs de contraintes dans les domaines finis par itérations chaotiques, explication de retrait de valeur (dans le cadre du projet RNTL "OADymPPAC" 2000-2004), parallèle avec la Programmation en Logique, comparaison des méthodes de résolution des CSP avec des méthodes actuellement regroupées sous le nom de "answer set programming", apprentissage automatique de solveurs pour une contrainte donnée en extension (action "Jeune équipe", programme ATIP jeunes chercheurs CNRS). La formalisation en terme de règles des langages de contraintes permet d'aborder au LIFO de manière originale, les problèmes difficiles du débogage des contraintes et de la construction automatique du solveur à partir de la description de la contrainte. Les travaux menés en contraintes évoluent actuellement des CSP classiques où les variables sont quantifiées existentiellement vers diverses théories des arbres et contraintes du 1er ordre (en collaboration avec A. Colmerauer) et l'étude de CSP quantifiés. Enfin, un thème marginal et très original est l'auralisation de la résolution d'un CSP qui permet de transformer l'exécution d'un solveur en sons.

La PLI (aussi appelée maintenant *apprentissage relationnel*) regroupe les travaux sur l'apprentissage de connaissances exprimées dans un formalisme relationnel. Ils sont particulièrement intéressants pour des applications à l'Extraction de Connaissances dans les Bases de Données (*ECD*), car ils prennent en compte la nature relationnelle des données. Cependant, les applications réelles imposent de ne pas traiter seulement des données symboliques mais d'autres types de données : numériques, spatiales, ... Le paradigme de la Programmation par Contraintes semble un cadre naturel pour formaliser l'apprentissage dans ce contexte, suivant ainsi une évolution similaire à celle de la Programmation Logique. Dans les travaux menés sur l'apprentissage relationnel symbolique et numérique [259, 291], des liens étroits persistent donc entre les deux thèmes. Les travaux menés en Apprentissage se sont aussi diversifiés. Initialement, dans le cadre de la PLI [260, 259], nous nous intéressions principalement à la tâche de classification supervisée (apprentissage de connaissances à partir d'exemples positifs et négatifs). Nous avons entrepris en 1999 une collaboration avec le BRGM sur le problème d'extraction de connaissances dans des systèmes d'information géographique. De telles bases de données sont structurées en couches thématiques, et cela donne un vaste champ d'applications pour nos travaux menés en apprentissage relationnel. Cette collaboration nous a conduit à nous intéresser aux tâches de recherche de règles d'association et de recherche de règles de caractérisation. Du point de vue fondamental, nous nous intéressons actuellement aux couplages possibles entre Apprentissage Statistique et Apprentissage Relationnel (projet ANR GD2GS, début 2006), aux mesures de similarité entre objets complexes et aux techniques de visualisation.

Enfin, les données textuelles représentent une autre source d'applications intéressante pour la Programmation Logique Inductive, puisque les sorties des analyseurs syntaxiques sont fortement structurées ; d'ailleurs la Programmation Logique s'est révélé un outil particulièrement bien adapté à l'analyse syntaxique. Profitant de compétences anciennes de membres du projet sur le traitement des données textuelles, nous nous sommes intéressés aux applications de l'apprentissage à ce type de données, principalement dans le cadre de l'ACI Biotim et d'un projet franco-portugais.

Notons enfin que l'apprentissage de solveurs, domaine important pour la modélisation des solveurs de contraintes et original du point de vue des applications de l'apprentissage vient renforcer la cohésion entre les deux facettes de notre projet. L'apprentissage de solveurs et de contraintes partiellement définies reposent sur des techniques d'apprentissage classiques, mais les travaux menés ont permis de dégager une méthode originale d'apprentissage permettant d'améliorer les performances en généralisation.

2.3 Principaux résultats

2.3.1 Contraintes

Diagnostic Déclaratif d'Erreurs en Programmation en Logique avec Contraintes et Explications

L'équipe avait acquis une grande visibilité internationale sur le thème du diagnostic déclaratif d'erreur en programmation logique avec contraintes lors du projet ESPRIT #22532 DiSCiPL (Debugging Systems for Constraint Programming, Long Term Research Project, Reactive Scheme, 1996-1999). Un des constats du projet DiSCiPL était le manque d'outils de mise au point pour la programmation par contraintes. Ceci nous a amené à participer au projet RNTL OADymPPaC (Outils pour l'Analyse Dynamique et la mise au Point de Programmes avec Contraintes, exploratoire, 2000-2004). C'est dans le cadre de ce projet que nous avons abordé le thème des explications comme outil d'aide à la mise au point de programmes.

Notre équipe a travaillé sur la modélisation des solveurs de contraintes sur les domaines finis, où la réduction de domaine est décrite simplement par des notions de point-fixe ou de clôture. Nous avons donné les fondements théoriques de l'explication de retrait de valeur dans le cadre des itérations chaotiques. Le modèle proposé, inspiré par la plate-forme GNU-Prolog de l'INRIA, s'applique à l'ensemble des solveurs domaines finis et en particulier aux plate-formes : CHIP (Cosytec) et PaLM/Choco (EMN/Bouygues). Nous avons proposé une adaptation du diagnostic déclaratif à la programmation par contraintes basée sur notre modèle et utilisant la notion d'explication et décrit des algorithmes pour la mise au point déclarative des programmes. La thèse de Willy Lesaint regroupe une partie de nos résultats sur ce sujet.

Le projet OADymPPaC avait également pour but de définir un format commun de trace pour les solveurs de contraintes. Nous avons contribué à définir ce format et particulièrement les éléments XML décrivant la réduction de domaine et les explications. Le format est donné sous forme d'une DTD nommée `gentra4cp` et est aujourd'hui dans sa version 2.1, disponible sur [sourceforge](http://sourceforge.net)³.

Les résultats obtenus concernant l'extraction d'explications de la trace nous ont amené à généraliser la définition d'explication et nous avons alors montré que nous pouvons extraire des explications de n'importe quelle trace de solveur.

Nous avons travaillé avec l'EMN sur la modélisation du backtracking dynamique dans le système PaLM. Nous avons donné une preuve de correction d'une large famille d'algorithmes de retrait de contraintes (dont celui utilisé par le système PaLM) en nous appuyant directement sur les explications et notre modèle de calcul.

Dans le cadre de nos recherches en cours, nous étudions les explications comme concept pouvant être appliqué à différents paradigmes. Les explications sont modélisées dans un cadre théorique (co-)inductif basé sur les notions de clôture et point fixe. L'utilisation des explications pour des langages déclaratifs, et en particulier le débogage de programme, est alors une application naturelle de ce formalisme.

Apprentissage de solveurs Depuis 2002, nous avons entamé un projet à la frontière de la Programmation par Contraintes et de l'Apprentissage : l'apprentissage de solveurs de contraintes. Ce projet a bénéficié d'un financement ATIP Jeune Equipe du CNRS de 2002 à 2004. Il se compose de trois aspects : l'apprentissage de solveurs à partir de la description complète des contraintes [91, 89, 85, 204, 126], l'apprentissage de contraintes partiellement définies [17, 16, 88, 86, 124, 127] et l'amélioration de l'apprentissage en utilisant des techniques issues des solveurs de contraintes [87].

Etude de contraintes Nous étudions des extensions en arbre de théories du premier ordre et des critères pour que ces théories soient complètes. De plus, nous nous intéressons depuis cette année aux problèmes de résolution de contraintes quantifiées, appelés QCSPs. Nous avons proposé un cadre

³[urlhttp://tra4cp.sourceforge.net/](http://tra4cp.sourceforge.net/)

permettant de réutiliser les opérateurs (existentiels) des CSPs classiques dans le cadre quantifié et nous avons commencé la réalisation d'un solveur appelé QeCode autour de la bibliothèque GeCode [106].

Mais notre intérêt pour les techniques de Programmation par Contraintes est plus large et nous avons abordé le problème des contraintes valuées [122], l'auralisation du comportement d'un solveur [90], les liens entre la résolution de contraintes et la représentation des connaissances en logique non-monotone [225], la programmation par contraintes à base de règles [91, 84, 226], sans oublier des travaux plus anciens sur des techniques d'évaluation parallèle à processus explicites [191].

2.3.2 Apprentissage Automatique

Dans la plupart des travaux menés au LIFO, l'apprentissage est vu comme un problème de recherche, dans un espace structuré par une relation de généralité, d'une ou plusieurs hypothèse(s) maximisant un critère donné ou satisfaisant des contraintes données. Ce cadre est utilisé aussi bien dans la tâche de classification que pour l'apprentissage de règle de caractérisation et l'apprentissage de règles d'association. Les travaux menés sur la découverte de classes ("clustering") s'éloignent de ce paradigme. Ils sont couplés avec des études sur les mesures de similarité entre objets complexes sous-jacentes, en particulier à l'aide de techniques de visualisation.

Apprentissage de règles d'association La collaboration avec le service Ressources Minérales du BRGM (Bureau de Recherche Géologique et Minière) nous a conduit à étudier la tâche d'extraction de règles d'association d'abord dans des SIG [282], puis sur des données quantitatives. En collaboration avec le BRGM, nous avons développé QuantMiner un outil d'apprentissage de règles quantitatives, fondé sur l'utilisation d'un algorithme génétique [159]. Il a été appliqué sur des données médicales, issues du PKDD Challenge [134].

Une phase importante mais coûteuse en temps d'exécution est la découverte des ensembles d'items fréquents. Dans le contexte des bases de données transactionnelles, nous avons proposé une nouvelle approche basée sur une représentation booléenne de la base de données, vue comme une table de vérité à n variables, n étant le nombre d'items de la base de transactions [280, 281], et nous avons étudié l'intérêt de cette représentation pour estimer la densité d'une base de données transactionnelle [157, 98].

Apprentissage de règles caractéristiques La collaboration avec le service Ressources Minérales du BRGM nous a conduit à étudier la tâche de caractérisation dont le but est de rechercher les propriétés caractéristiques d'un ensemble d'objets cibles (éventuellement avec connaissance d'exemples négatifs), dans des bases de données relationnelles. Ceci nous a conduit à définir la notion de règle caractéristique et une relation de généralité entre de telles règles [101, 161]. Un prototype générique Characterix a été développé et appliqué à des données du BRGM. Notons qu'un autre prototype interactif SIGMINER a été conjointement développé par le LIFO et le BRGM.

Clustering La classification au sens non-supervisé (ou *clustering*) a fait l'objet d'un intérêt croissant dans les recherches menées dans le projet CA. Cet intérêt se justifie initialement par les études réalisées sur les données textuelles et le constat que les méthodes de classification issues des recherches en analyse de données sont peu ou mal adaptées au traitement de ce type particulier de données. En effet ces données sont très souvent polymorphes (mots polysémiques, documents multi-thématiques, etc.) et nécessiteraient d'être organisées en classes recouvrantes, c'est à dire en autorisant chaque donnée à appartenir à une ou plusieurs classes. Nous avons proposé une première approche spécifiquement adaptée à la construction d'un schéma de classification avec recouvrements : considérant une matrice de similarité en entrée, l'algorithme PoBOC (*Pole-Based Overlapping Clustering*) [143, 53] modélise les données *via* un graphe de proximités duquel un ensemble de pôles (sous-graphes complets) est extrait, les individus sont ensuite affectés à un ou plusieurs de ces pôles dans l'ultime étape de l'algorithme. Ayant

validé cette approche dans différents domaines d'application (classification de mots, apprentissage de règles de classification, recherche d'information, ...) nous travaillons actuellement à la formalisation du problème de classification avec recouvrements [142].

Apprentissage et textes BIOTIM⁴ (Exploitation de Gisements Texte-Image en Biodiversité) est une Action Concertée Incitative "Masse de Données" menée depuis juillet 2003. Ce projet a pour objectif de concevoir des méthodes génériques d'analyse automatique de masses de données regroupant textes et images et fait intervenir plusieurs laboratoires français : Projet INRIA ATOLL, Equipe Base de Données VERTIGO du CEDRIC (CNAM), Projet INRIA IMEDIA, Unité de recherche en Génomique Végétale de l'INRA, Unité de service Biodival de l'IRD, Projet CA du LIFO.

Nous nous intéressons à la structuration semi-automatique de la terminologie du domaine sous la forme d'une ontologie spécialisée. Nous avons dans un premier temps cherché à extraire les concepts pertinents du domaine à l'aide des relations gouverneur/gouverné fournies par ATOLL via le logiciel ACABIT. Nous avons ainsi été amenés à proposer une nouvelle mesure de proximité entre unités textuelles combinant différents critères complémentaires : le nombre de contextes (e.g. gouverneurs ou gouvernés) communs aux unités, le nombre de contextes propres à chaque unité ainsi que l'importance de ces contextes : propres ou communs. Une première étude expérimentale a porté sur le premier volume de la "Flore du Cameroun" et a permis de mettre en évidence une série de concepts assez pertinents obtenus par une méthode spécifiquement adaptée de regroupement agglomératif hiérarchique ([54, 144])

Cependant, les relations gouverneurs/gouvernés obtenues par ACABIT ne correspondent qu'aux dépendances contiguës et ne sont pas adaptées aux longues séries descriptives largement utilisées dans les descriptions de plantes. Partant de ce constat nous avons étudié une nouvelle approche complémentaire visant à apprendre automatiquement une structure arborescente contenant les informations utiles à la construction de l'ontologie. Ce travail en cours nécessite différentes étapes : un nouvel étiquetage grammatical des données intégrant des connaissances issues de corpus botaniques, la sélection des parties descriptives de plantes, la formalisation des phrases descriptives en logique du premier ordre, l'apprentissage de la structure arborescente par des programmes logiques inductifs.

Le projet Leila (*LEarnIng Lexical Associations*) a reçu le soutien financier de la Conférence des Présidents d'Université (CPU) dans le cadre d'une Action Universitaire Intégrée Luso-Française pour l'année 2004-2005⁵. Cette collaboration avec le département *Computer Science* de l'université de Beira Interior au Portugal vise à favoriser l'exportation des recherches fondamentales menées au LIFO vers des domaines d'utilisation tels que le Traitement Automatique des Langues (TAL) ou la Recherche d'Information (RI). En particulier nous nous sommes intéressés à la construction automatique de bases de connaissances utiles pour la tâche de résumé automatique de textes. Cette étude nécessite le recours notamment aux notions de similarité et de classification (au sens non-supervisé) largement étudiées dans le projet CA du LIFO. Outre l'intérêt lié à l'application elle-même, ce travail a permis la validation de l'algorithme de classification PoBOC [116] et l'ouverture vers de nouvelles problématiques d'analyse de données, plus proches des besoins dans ce domaine d'application (e.g. population des nœuds d'une hiérarchie de classes).

Visualisation Le concept central de cette activité consiste à étudier la projection de données dans un espace comportant un nombre limité de dimensions, utilisé comme moyen de classification de données. Cette projection peut se traduire graphiquement par une visualisation, les objets étudiés étant alors projetés dans un espace à deux ou trois dimensions. Nous avons dans ce cadre développé un outil de visualisation implantant notamment des techniques d'analyse en composantes principales (ACP) et de positionnement multidimensionnel (MDS).

⁴<http://www-rocq.inria.fr/imedia/biotim/>

⁵Demande de prolongation en cours pour l'année 2006-2007.

Au delà de la présentation graphique, nous travaillons également sur des techniques de projection discriminantes, dans un contexte supervisé. L'objectif est alors de maximiser les distances inter-classes, et/ou de minimiser les distances inter-classes, afin d'améliorer les scores de classification d'objets, par exemple par mesure de plus proche voisin.

Relations avec l'IRHT Nous collaborons depuis le printemps 2004 avec le Laboratoire de Recherche et d'Histoire des Textes (UPR 841 CNRS). Nous nous sommes tout d'abord penché sur la classification automatique d'enluminures, à l'aide de mesures de distances reposant sur les couleurs [29, 158]. Cette collaboration se poursuit actuellement, et nous avons soumis une demande de financement d'Action de Recherche Amont. La contribution du LIFO, au sein de cette ARA, consistera à étudier les possibilités de paramétrage de notre outil de visualisation par un utilisateur non informaticien, et de manière plus transverse à étudier les possibilités de raffinement et d'adaptation des résultats à travers différents outils d'apprentissage.

2.4 Positionnement des travaux

Les travaux menés au LIFO autour du diagnostic d'erreurs reposent sur une approche déclarative des explications et des problèmes de débogage, basée sur une modélisation inductive et co-inductive de la sémantique des programmes. Les notions de règle, au sens des définitions inductives, et d'arbre de preuve sont au centre de nos travaux. En cela, ils se démarquent des autres travaux menés dans la communauté :

- sur les explications :
 - Cork Constraint Computation Centre, University College Cork
Eugene Freuder, Barry O'Sullivan
 - Équipe contraintes discrètes, LINA, Université de Nantes
Nicolas Beldiceanu, Narendra Jussien
 - Équipe COCONUT, LIRMM, Université de Montpellier
Christian Bessière
 - The NewsTools Project, Department of Computer Science, University College London
Anthony Hunter
 - Les membres de la communauté explanation-aware computing ⁶
- sur le débogage et traceurs de programmes logique et programmes avec contraintes :
 - Projet LANDE, INRIA/IRISA
Thomas Jensen, Mireille Ducassé
 - Laboratory for Theoretical Computer Science, Linköping University
Jan Maluszynski, Wlodek Drabent
- travaux sur la modélisation des itérations chaotiques : Theme Networks and Logic - Optimization and Programming, CWI
Krzysztof Apt

Peu de travaux ont été menés en Apprentissage sur la tâche de recherche de règles de caractérisation sur des bases de données structurées. On peut citer le système WarmR [205]. L'originalité de notre approche réside dans l'introduction des chemins quantifiés, comprenant à la fois des quantificateurs existentiels et universels, la définition d'une relation de généralité sur ce formalisme et dans le cadre de l'application aux données géographiques, la définition de buffers autour des points d'intérêt.

Sur le problème de recherche de règles d'association, nous avons abordé depuis 2003, principalement deux aspects :

- la recherche de règles d'association dans des bases de données transactionnelles,
- la recherche de règles d'association quantitatives.

⁶<http://groups.yahoo.com/group/explanation-research/>

Sur le premier thème, beaucoup de travaux se sont intéressés à cette tâche et ont étudié diverses représentations des bases de données de transactions afin d'améliorer la recherche des itemsets fréquents. On peut citer le format horizontal utilisé dans l'algorithme *Apriori* [178] ou dans *MaxMiner* [192], où la base de données est vue comme une succession de transactions, le format vertical utilisé dans *Eclat* [295] et *Partition* [283] où à chaque item, est associée la liste des transactions qui le contiennent, les vecteurs de bits utilisés dans *Mafia* [193] et *Viper* [284] et enfin les *Fp-tree* utilisé dans *Fp-growth* [239]. A notre connaissance, la représentation des bases de données transactionnelles sous forme vectorielle avec comme structure de données les BDDs (Diagrammes de Décision Binaires) n'avait jamais été utilisée dans ce cadre.

En ce qui concerne la recherche de règles d'association quantitatives, nous pouvons distinguer en général trois approches : la pré-discrétisation des attributs (voir par exemple [251, 285]), la discrétisation dynamique des attributs pendant la fouille de données [232, 233, 270, 294] et enfin une approche statistique [188]. Nos travaux se situent dans la seconde approche, ils étendent les travaux précédents en autorisant dans les schémas de règles des attributs quantitatifs mais aussi qualitatifs.

Nos travaux sur la classification non supervisée s'inscrivent dans le cadre des recherches théoriques en analyse de données en proposant une alternative aux approches de classification hiérarchique faibles ou pyramidales ainsi qu'aux recherches récentes portant sur les modèles de mélanges pour la classification avec recouvrements. Ces dernières recherches sont entre autre menées par les équipes suivantes :

- au niveau national : projet AXIS (INRIA) P. Bertrand - CEREMADE (Paris Dauphine) E. Diday - IREMI (Université de la Réunion) J. Diatta
- au niveau international : University of Austin (Texas, USA) R.J. Mooney, A. Banarjee

Sur le plan applicatif, notamment pour le traitement de données textuelles, nous proposons des stratégies de classification proches des solutions proposées par les équipes suivantes :

- au niveau national : LASELDI (Université de Franche-Comté) A. Lelu
- au niveau international : ISI University of Southern (California, USA) P. Pantel

Par rapport à ces derniers travaux, l'originalité de notre approche tient au fait que nous nous efforçons de ne pas recourir à l'utilisation de seuils d'affectation et de considérer le problème à un niveau plus général et théorique d'analyse de données.

Enfin, dans le cadre du projet franco-portugais, nous nous appuyons sur les travaux menés dans la communauté TAL (Traitement Automatique des Langues) nationale et internationale. Notre étude se différencie par l'extraction automatique d'une base de connaissance utile à la tâche d'apprentissage de chaînes lexicales plutôt que le recours à une base pré-établie (thésaurus ou ontologie) ou le calcul de statistiques d'occurrences directement sur le corpus :

- au niveau national : LIA (Université d'Avignon) P. Bellot
- au niveau international : MIT (Massachusetts institute of technology) R. Barzilay

2.5 Perspectives

L'originalité et l'une des forces du projet Contraintes et Apprentissage est de rapprocher deux thèmes dont les communautés respectives sont assez éloignées, mais qui peuvent collaborer et s'enrichir mutuellement grâce à une culture commune principalement autour des formalismes à base de règles : étude des sémantiques et débogage de programmes relativement à une sémantique d'une part, induction de connaissances à partir d'une spécification attendue d'autre part. Chaque thème a évolué : de la Programmation Logique aux Contraintes Quantifiées en passant par les contraintes classiques à domaines finis pour l'un, de l'induction de programmes logiques à d'autres tâches d'apprentissage, reposant plus seulement sur l'induction mais aussi sur des distances, pour l'autre. Cependant, d'autres points de convergence sont apparus, comme l'apprentissage de solveurs ou peuvent apparaître. Par exemple, les contraintes quantifiées introduisent des quantificateurs universels dans l'expression de contraintes ; le formalisme de règles de caractérisation que nous avons introduit mélange aussi quantificateurs existentiels et univer-

sels. Il sera intéressant de comparer les deux formalismes, leur sémantique et leur utilisation respective.

Nous souhaitons dans le futur maintenir cette cohésion avec des activités de recherche en contraintes et en apprentissage sur des thématiques proches.

Un atout important pour notre projet est le recrutement comme Professeur en septembre 2006 de Denys Duchier (ATER depuis septembre 2005). Depuis 1996, Denys Duchier est un des concepteurs et implémenteurs de Mozart/Oz⁷, un langage de programmation multiparadigme par contraintes qui sert entre autre de plateforme de développement pour les applications en linguistique computationnelle. Il poursuit son implication dans l'évolution de ce langage, en collaboration avec des partenaires internationaux : Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Université catholique de Louvain, Swedish Institute of Computer Science, Stockholm. D. Duchier s'intéresse aussi à la modélisation des langues par les grammaires de dépendances et à leur traitement par les contraintes⁸. Enfin, il a développé en collaboration avec Yannick Parmentier, Joseph Leroux et Benoît Crabbé, un logiciel⁹ permettant de concevoir des métagrammaires pour différents formalismes (grammaires d'arbres adjoints, grammaires d'interaction, ...) et de générer à partir de celles-ci des lexiques appropriés aux analyseurs correspondants. Il vient donc renforcer la thématique Contrainte, mais il nous permet de développer un axe solide "Contraintes - Linguistique - Fouille de Textes". En effet, dans les applications actuelles de l'apprentissage aux textes, nous étions dépendants des analyseurs syntaxiques existants. Ce fut particulièrement le cas dans l'ACI Biotim où le corpus de botanique est composé de phrases descriptives sans verbes, rendant difficilement applicables les techniques classiques d'analyse. Cela renforcera notre cohésion en développant des recherches complémentaires sur ce thème. Du point de vue local, cela nous permettra aussi de développer de nouvelles collaborations avec les linguistes du laboratoire CORAL de l'université d'Orléans

Plus précisément, en Contraintes, nous projetons de poursuivre nos travaux sur les thèmes suivants :

- Etudier les explications comme concept pouvant être appliqué à différents paradigmes de programmation. Les explications sont modélisées dans un cadre théorique (co-)inductif basé sur les notions de clôture et point fixe. L'utilisation des explications pour des langages déclaratifs, et en particulier le débogage de programme, est alors une application naturelle de ce formalisme.
- Modéliser des solveurs de contraintes, concernant la notion d'explication de retrait de valeur, commencé pour les domaines finis dans le cadre du projet RNTL OADymPPaC en l'étendant et l'adaptant à des solveurs tels que ceux qui sont décrits par le formalisme des CHR (Contraint Handling Rules) et des solveurs traitant des intervalles.
- Comparer et rapprocher des méthodes traditionnelles de résolution par des CSP (Constraint Satisfaction Problems) et des méthodes basées sur la sémantique des modèles stables des programmes logiques avec négation, méthodes qui connaissent actuellement un certain essor sous le nom de "answer set programming" et en étudier les apports pour l'apprentissage.
- Etudier la résolution de contraintes du premier ordre dans des modèles de la théorie des arbres infinis avec queues.
- Intégrer les techniques d'apprentissage de contraintes dans des systèmes opérationnels. Nous avons comme premier objectif de réaliser une extension de la bibliothèque GeCode pour traiter les contraintes partiellement définies. GeCode étant un système ouvert et très bien diffusé, cette extension permettra une plus large diffusion de ces techniques.
- Etudier la combinaison de contraintes quantifiées et de contraintes classiques dans des contraintes globales.

En Apprentissage, les travaux menés sont formels et appliqués, avec comme application cible l'ECD (Extraction de Connaissances dans les bases de Données). Ils visent à donner un cadre formel à l'apprentissage en présence de données de divers types et à développer des méthodes adaptées à l'ECD. Nos

⁷<http://www.mozart-oz.org>

⁸<http://www.ps.uni-sb.de/~rade/xdg.html>

⁹<http://sourcesup.cru.fr/xmg/>

recherches initiales portaient principalement sur la tâche de classification. Nos collaborations (BRGM, ACI Biotim) nous ont conduit à étudier d'autres tâches : caractérisation d'un ensemble d'exemples, apprentissage de règles d'association, regroupement ("clustering" en anglais). Ceci a permis d'étendre nos champs de compétences, que ce soit sur les types de données traités (relationnelles, mais aussi maintenant géographiques et textuelles) et sur les méthodes (exploration d'un espace structuré par une relation de généralité, mais aussi étude de mesures de similarité et visualisation). Les thèmes de recherche actuels vont être poursuivis, principalement :

- Apprentissage de règles de caractérisation. Une étude sur les liens entre notre formalisme de représentation de règles de caractérisation et les logiques des descriptions doit être effectuée. Nous aimerions aussi étudier comment la notion de buffer développée pour des données géographiques pourrait être utilisée sur des données temporelles.
- Regroupement. Nous projetons d'intégrer PoBoc avec d'autres méthodes d'apprentissage d'une part, dans le cas de classification de documents, d'autre part, en caractérisant les groupes obtenus par construction de règles spécifiques. La construction de telles règles dans le cadre de la logique du premier ordre (Programmation Logique Inductive) présente cependant des difficultés dues essentiellement à la taille de l'espace de recherche à explorer, malgré une diminution forte obtenue par notre approche. Nous travaillons actuellement sur une méthode de construction par généralisation des objets du groupe, pour résoudre ce problème.
- Apprentissage et texte. Dans le cadre de l'ACI Biotim, nous avons étudié de nouvelles mesures de proximité entre termes, confortant ainsi nos travaux sur les mesures de similarité. Nous développons actuellement une nouvelle méthode d'apprentissage pour construire automatiquement à partir d'une phrase une représentation des informations pertinentes de cette phrase sous forme d'arbres. Nous souhaitons tester cette méthode, la formaliser et la généraliser à d'autres types de problèmes.
- Apprentissage statistique et relationnel. Dans le cadre du programme ANR GD2GS qui débute, nous nous intéressons au couplage entre apprentissage statistique et relationnel. C'est un thème important pour nous, complémentaire des activités que nous avons menées jusqu'à présent.
- Applications de l'apprentissage. Nous souhaitons continuer la collaboration avec le service REM du BRGM, qui nous a permis de dégager des sujets de recherche intéressants et potentiellement sources de nombreuses applications. Nous souhaitons développer la collaboration actuelle avec l'IRHT (demande de financement d'Action de Recherche Amont soumise)

Enfin, nous souhaitons demander dans le cadre du PUCVL (Pôle Universitaire Centre Val de Loire) la création d'un Programme Pluri-Formation (PPF) sur le thème de l'Apprentissage et de la Fouille de Données, avec comme partenaires principaux le MAPMO (Mathématiques et Applications, Physique Mathématique d'Orléans) et le LI (université de Tours). Ce PPF permettrait de renforcer les collaborations existantes, d'accroître notre visibilité régionale, et de faciliter le transfert des compétences avec les organismes de recherche et entreprises intéressés.

2.6 Logiciels développés

- **QeCode** : solveur de CSP quantifiés basé sur le solveur libre GeCode. C'est un logiciel libre pouvant être téléchargé sur la page de ses auteurs : Marco Benedetti, Arnaud Lallouet et Jérémie Vautard.
- **CSP Singer** : prototype permettant l'auralisation de la trace générée par un solveur. C'est un logiciel libre, pouvant être téléchargé sur la page de ses auteurs : Arnaud Lallouet et Jérémie Vautard.
- **PoBoc** : Regroupement en classes non disjointes. Auteurs : Guillaume Cleuziou et Lionel Martin
- **BoolLoader** : Approche booléenne pour le chargement des bases de transactions et évaluation de leurs densités. Auteurs : Zahir Maazouzi, Ansaf Salleb et Christel Vrain.
- **BoolMiner** : Recherche de motifs fréquents maximaux fondée sur les diagrammes de décision

binaires. Auteurs : Zahir Maazouzi, Ansaf Salleb et Christel Vrain.

- **Explorer-3D** : Util de visualisation en cours de développement. Explorer-3D utilise une représentation tridimensionnelle pour la visualisation et le paramétrage de mesures de distance (ou de dissimilarité). Auteurs : Lionel Martin et Matthieu Exbrayat.
- **QuantMiner** : Extraction de règles d’association quantitatives fondée sur les algorithmes génétiques. Auteurs : Cyril Nortet supervisé par Ansaf Salleb (LIFO) et Daniel Cassard (BRGM).
- **SIGMiner** : Application d’aide à l’extraction de règles caractéristiques dans les bases de données possédant des relations de distances entre objets telles que les SIGs. Développeur : David Cassard Auteurs : Ansaf Salleb (LIFO), Christel Vrain (LIFO), en collaboration avec Daniel Cassard (BRGM).

Rq : SIGMiner et QuantMiner ont été développé avec le LIFO dans le projet GEMS (Global Environmental and Metallogenic Synthesis) au BRGM, service REM (ressources minérales), unité VADO (traitement et valorisation des données)

2.7 Projets

Projets en cours

- Coordonnateur du projet non-thématique ANR, *canar* amélioration de l’état de l’art en acquisition de contraintes et en reformulation. (2006-2008)
Partenaires : LIRMM Montpellier (Ch. Bessière, E. Bourreau, F. Koriche), Nantes (N. Beldiceanu, P. David, T. Petit), Caen (B. Zanuttini)
Subvention accordée au LIFO : 50 000 Euros
- Partenaire du projet *GD2GS (From Genomic Data To Graph Structure) Semi-supervised learning of structure with statistical and relational approaches : application to the identification of regulatory networks*, ARA “Masse de Données” (2005-2007)
Partenaires : équipe AMIS - IBISC Evry, équipe ASTRID - Heudiasyc UMR 6599 Compiègne, Service de Génomique Fonctionnelle, CEA Evry Subvention accordée au LIFO pour cette action (36 mois) : 60 000 Euros
- Projet Studium (Agence régionale de recherche et d’accueil international de chercheurs associés en région Centre), 2006-2008, 120 Keuro
Objectif : étudier la résolution des problèmes de contraintes quantifiées sur les domaines finis.
Financement obtenu : salaire d’un chercheur (Marco Benedetti) à hauteur d’environ 50000 Euros par an.

Projets achevés

- Partenaire du projet Biotim¹⁰, “Action Concertée Incitative” (2003-2006).
Partenaires : projet INRIA ATOLL, équipe Bases de Données VERTIGO du CEDRIC (CNAM), projet INRIA IMEDIA, unité de recherches en Génomique Végétale de l’INRA, unité de Service Biodival de l’IRD. Subvention accordée au LIFO pour cette action (36 mois) : 24 800 Euros
- Partenaire du projet RNTL OADymPPaC *Outils pour l’Analyse Dynamique et le Mise au Point de Programmes avec Contraintes* (2000-2004), Réseau National en Technologie Logiciel.
Partenaires : INRIA, École des Mines de Nantes, IRISA, LIFO, Cosytec, Ilog. Subvention LIFO pour la durée du projet (soit 42 mois) : 91 310 Euros
- Projet SOLAR (Solver LeARning), ATIP Jeune Equipe (2JE095) du CNRS 2002-2004. Coordonnateur : A. Lallouet. Subvention : 23 550 Euros.
- Projet Leila *LEarnIng Lexical Associations* (2004-2005) : Action Universitaire Intégrée Luso-Française, soutien financier de la Conférence des Présidents d’Université (CPU)
Partenaire : Département *Computer Science* de l’université de Beira Interior au Portugal

¹⁰<http://www-rocq.inria.fr/imedia/biotim>

- Coordonnateur d'un projet bilatéral France-Bavière avec François Bry (LMU, Munich), 2004, 2.5 Keuro.
Objectif : résolution de contraintes temporelles avec granularités. Membres : F. Bry, A. Lallouet, S. Spranger.
- Participation au groupe de travail "athérosclérose" de l'AS Discovery Challenge (animée par B. Crémilleux et J.F. Boulicaut, achevée en novembre 04)
- Participation au GDR I3

2.8 Animation de la recherche

2.8.1 Associations

- A. Lallouet est membre du conseil d'administration de l'AFPC, Association Française pour la Programmation par Contraintes, membre du bureau chargé de communication. A ce titre, il conçoit et édite depuis novembre 2004 la "Lettre de l'AFPC" qui fait le lien entre les membres de la communauté francophone en Contraintes.

2.8.2 Comités de programme

- T. Dao : participation au comité de programme du workshop RcoRP'03.
- D. Duchier : participation aux comités de programme de Formal Grammars, Malaga, Espagne, Juin 2006 et Constraints and language processing, Sydney, Australie, Juillet 2006
- A. Ed-Dbali : participation au comité de programme du workshop RcoRP'03.
- A. Lallouet
 - Organisation de Workshop : co-chair de RCORP'03, International Workshop on Rule-Based Constraint Reasoning and Programming, 2003.
 - Conférences Internationales : membre du comité de programme de SAC'05 et SAC'06, ACM Symposium on Applied Computing, special track on Constraint Solving and Programming, en 2005 et 2006 et de FLAIRS'05, Conference of the Florida Artificial Intelligence Research Society, Special Track on Constraint Solving and Programming.
 - Conférences Nationales : membre du comité de programme de JFPC'05 et JFPC'06, Journées Francophones de Programmation par Contraintes et membre du comité de programme de JFPLC'03 et JFPLC'04, Journées Francophones de Programmation en Logique et par Contraintes
 - Workshop Nationaux : membre du comité de programme de NP-PAR'02, NP-PAR'03, NP-PAR'05 et NP-PAR'06 Workshop sur la Résolution Parallèle de Problèmes NP-complets.
- L. Martin : participation au comité de programme de Cap 2003.
- A. Tessier :
 - responsable scientifique et technique du projet RNTL OADymPPaC
 - président du comité de programme de WLPE en 2002
 - membre du comité de programme de WLPE en 2003 et 2004.
- Ch. Vrain
 - Conférences internationales : comités de programme de ILP 2004, ILP 2005, ILP 2006, ISMIS 2006, workshop TEMA 05 (pendant EPIA 05)
 - Conférences nationales : EGC2001 (Journées Francophones d'Extraction et de Gestion des Connaissances), EGC 2002, EGC 2003, EGC 2004, EGC 2005, EGC 2007, de CAP 2001 (Conférence d'Apprentissage), CAP 2003, CAP 2004, CAP 2005, CAP 2006, CAP 2007, workshop sur la fouille de données complexes (EGC 2005), 2 workshops à EGC 07
 - Expertise de 2 dossiers dans le cadre de l'appel ACI Masses de Données 2005

2.8.3 Vulgarisation

1. **Article** : Christel Vrain, Arnaud Lallouet, 2005. Apprentissage artificiel. Microscop, journal CNRS, Délégation Centre Poitou Charentes
2. **Journées Portes Ouvertes université d'Orléans et Fête de la science 2004** : Apprentissage de l'arithmétique binaire, A. Salleb et B. Diep-Dao
3. **Fête de la science 2006** : Le sudoku, A. Ed-dali, A. Legtchenko
4. **Fête de la science 2006** : Fouille de textes, G. Cleuziou
5. **Fête de la science 2006** : Apprentissage et Visualisation, M. Exbrayat

2.9 Thèses soutenues

1. A. Legtchenko, Apprentissage de solveurs de contraintes sur les domaines finis, Thèse de Doctorat, Université d'Orléans, septembre, 2005
2. G. Cleuziou, Une méthode de classification non-supervisée pour l'apprentissage de règles et la recherche d'information, Thèse de Doctorat, Université d'Orléans, décembre, 2004
3. J. Arsouze, Une formalisation de la résolution des problèmes de satisfaction de contraintes. Application à la vision grammaticale de CLP, Thèse de Doctorat, Université d'Orléans, septembre, 2004
4. T. Turmeaux, Contraintes et fouille de données, Thèse de Doctorat, Université d'Orléans, avril, 2004
5. W. Lesaint, Explications de retraits de valeurs en programmation par contraintes et application au diagnostic déclaratif, Thèse de Doctorat, Université d'Orléans, novembre, 2003
6. A. Salleb, Recherche de motifs fréquents pour l'extraction de règles d'association et de caractérisation, Thèse de Doctorat, Université d'Orléans, décembre, 2003

2.10 Publications

Type de publication	Nombre
Revue internationale à comité de lecture	5
Chapitres de livres	1
Revue nationale à comité de lecture	2
Conférences internationales avec actes et comités de lecture	20
Workshops internationaux avec actes et comités de lecture	15
Manifestations nationales avec actes et comités de lecture	18

3 Graphes et Algorithmes

Mots-clés graphes, décomposition, configurations exclues, approximation, modèles continus de calcul, *hypercomputing*

Activité du projet Elle se répartit sur trois thématiques. Les deux premières sont plus anciennes et concernent les graphes : *Classes particulières de graphes* et *Algorithmique des graphes*. La troisième *Modèles continus du calcul* correspond aux activités de J. DURAND-LOSE (recrutement en septembre 2004).

3.1 Personnes ayant participé au projet

Le projet se compose de trois professeurs, deux maîtres de conférences et deux doctorants. Nous avons accueilli des collègues étrangers pour des séjours d'un mois et un post-doctorant en ATER à la rentrée 2006.

3.1.1 Permanents

Henri THUILLIER (PU au Département d'informatique, UFR Sciences, Université d'Orléans), depuis son recrutement en janvier 1989. *Responsable du projet.*

Jérôme DURAND-LOSE (PU au Département d'informatique, UFR Sciences, Université d'Orléans) depuis son recrutement en septembre 2004. Il était auparavant maître de conférences à l'Université de Nice détaché au CNRS dans le Laboratoire d'Informatique du Parallélisme (ÉNS Lyon) équipe *Modèles de Calcul et de Complexité* dirigée par Jacques MAZOYER.

Jean-Luc FOUQUET (PU au Département Mesures Physiques, Université du Mans), est membre du LIFO depuis 2002.

Ioan TODINCA (MC au Département d'informatique, UFR Sciences, Université d'Orléans), depuis son recrutement en septembre 2000.

Jean-Marie VANHERPE (MC-HDR, Université du Mans), est membre du LIFO depuis 2002, il était auparavant membre du LaRIA de l'Université de Picardie Jules Verne.

3.1.2 Non-permanents

Jimmy LEBLET, ATER à compter du 1er septembre 2006. Il a soutenu sa thèse en Décembre 2005 sous la direction de Jean-Xavier RAMPON à l'Université de Nantes.

Karol SUCHAN est doctorant au LIFO depuis septembre 2003 (directeur H. THUILLIER, encadrant I. TODINCA). Il bénéficie d'une allocation MENRT, la soutenance est prévue pour fin 2006. Il travaille sur les complétions d'intervalles minimales de graphes et sur la largeur arborescente linéaire (*pathwidth*).

Soumia ZITI est doctorante au LIFO depuis Septembre 2003 (directeur J.M. VANHERPE). La soutenance est prévue pour Octobre 2006. Ses travaux portent sur la structure des graphes caractérisés par des configurations présentes de manière clairsemée.

3.1.3 Visiteurs

Ivan RAPPAPORT du Centro de Modelamiento Matematico et du Departamento de Ingeniería Matemática, de l'Université du Chili à Santiago a été professeur invité pendant 1 mois au LIFO en février 2006. Il a collaboré avec les activités Algorithmique des graphes et Modèles continus du calcul.

Yngve VILLANGER de l'université de Bergen a effectué un séjour de six mois au LIFO, sur fonds propres, de janvier à juillet 2005. Ce séjour a été le point de départ d'une collaboration qui se poursuit, ainsi que deux articles soumis.

Adam Pawel WOJDA, professeur à l'Université de Sciences et de Technologies AGH de Cracovie (Pologne) a bénéficié d'un contrat triennal de PAST de 2001 à 2003, puis d'un poste de Professeur invité (1 mois) en 2005. Il effectue régulièrement des séjours au LIFO (dernier en date 3-13 juillet 2006).

Toutes ces collaborations se sont concrétisées par des publications communes.

3.2 Thématiques et résultats

3.2.1 Classes particulières de graphes

Configurations présentes de manière clairsemée

Cette thématique concerne plus particulièrement Jean-Luc FOUQUET, Jean-Marie VANHERPE et Soumia ZITI.

La description, simple, au début des années 80, des co-graphes [200] qui apparaissent comme définissant une famille de graphes parfaits totalement décomposables par une opération qui préserve la perfection, caractérisée de plus par une configuration exclue (le graphe induit par une chaîne sans corde de 4 sommets, ou P_4) a certainement favorisé alors l'exploration de voies de recherche dans les domaines de la perfection des graphes, de leur décomposition, de la caractérisation de certaines familles par des configurations exclues. L'étude de qui constituait la conjecture de BERGE sur les graphes parfaits (muée en Théorème, voir [195]), avait montré la très grande importance du rôle des P_4 (voir p.ex. [196] et [244]). Citons également les classes où le nombre de partenaires est limité comme les graphes P_4 -ordonnés (P_4 -tidy) dans [235, 236] ou les graphes partenaires-limités [274]. Dans de nombreux cas lorsque la structure des graphes est décrite on va pouvoir en tirer des applications algorithmiques, voir par exemple [245] ou [25].

Dans sa thèse HOÀNG [242] étudie des graphes où l'on maîtrise la prolifération des P_4 de la manière suivante : tout ensemble de 5 sommets ne peut induire qu'au plus un seul P_4 . la famille obtenue, les graphes P_4 -clairsemés est caractérisée par un ensemble de 7 configurations exclues. Ces travaux ont connu de nombreuses extensions (voir [189]). Nous appliquons la notion à certains graphes bipartis, les graphes bisplit étendus [14] et aux graphes $(P_5, \overline{P_5})$ -clairsemés [231].

Nos travaux actuels s'appuient sur des méthodes de décomposition des graphes qui mènent à l'étude de graphes indécomposables pour traiter certains problèmes comme celui de la reconnaissance ou d'optimisation combinatoire. Par exemple, en nous appuyant sur les travaux de HOÀNG pour les graphes P_4 -clairsemés, nous appliquons le concept à des sur-classes de classes existantes ([14, 231, 176, 177]). D'autre part nous nous intéressons à des applications algorithmiques [15, 175] et développons d'autres méthodes de décomposition [70].

Structure des graphes cubiques

Cette thématique concerne plus particulièrement Jean-Luc FOUQUET, Henri THUILLIER et Jean-Marie VANHERPE.

L'étude des graphes cubiques est au centre de nombreuses conjectures (conjecture des 5-flots de TUTTE, conjecture de la double couverture par des cycles de SZEKERES ET SEYMOUR. . .). Ces conjectures trouvent leur origine dans les recherches menées sur le théorème des 4 couleurs. Il est équivalent, en effet de montrer que tout graphe planaire est 4 coloriable ou bien que tout graphe cubique planaire a ses arêtes coloriables en 3 couleurs. Les conjectures évoquées ci-dessus sont des généralisations envisageables du théorème des 4 couleurs et des tentatives de trouver une preuve de ce théorème qui ne fasse pas appel à un examen exhaustif de configurations, via un ordinateur. Dans cette perspective, nous nous intéressons aux partitions linéaires des graphes cubiques (partition des arêtes en deux couleurs, chaque couleur étant une union de chaînes élémentaires). On sait qu'il est toujours possible d'obtenir une telle partition et on a un algorithme efficace pour le faire. Dans [181] ALDRED et WORMALD montrent que le 3 coloriage des arêtes d'un graphe cubique est équivalent à l'existence d'une partition linéaire impaire (toutes les chaînes de la partition sont de longueur impaire). Nous montrons dans [166] qu'il est possible de contraindre l'une des deux forêts impaires à n'avoir que des chaînes de longueur 1 ou 3. Une extension naturelle du résultat de ALDRED et WORMALD est de considérer les partitions semi-impaires, pour lesquelles, une des deux couleurs, au moins, est une forêt de chaînes impaires. Cette notion permet de séparer les graphes admettant un couplage parfait du reste des graphes cubiques (voir [165]). Dans [71] l'ambition est de faire un tour aussi complet que possible de la question des partitions linéaires des graphes cubiques. Nous introduisons, de plus, une notion nouvelle (partitions compatibles) qui conduit à relier les partitions linéaires à des problèmes connus (comme les décompositions compatibles des graphes eulériens). Les résultats que nous obtenons suggèrent que de telles partitions compatibles existent toujours.

Dans [167], nous étudions le problème du nombre maximum d'arêtes 3 coloriables dans un graphe de

degré maximum 3. Lorsque le graphe est cubique et n'est pas 3-coloriable, il a été montré par ALBERTSON et HASS [180] que pour les graphes cubiques la meilleure borne inférieure est $\frac{13}{15}$. Nous montrons que cette borne est aussi la meilleure possible lorsque le graphe est de degré maximum 3 (à l'exception d'un seul graphe d'ordre 5). Nous montrons de plus que les deux seuls graphes qui sont optimaux pour cette borne inférieure sont des graphes cubiques d'ordre 10 (sans surprise on y retrouve le graphe de Petersen).

3.2.2 Algorithmique des graphes

Cette thématique concerne plus particulièrement Karol SUCHAN et Ioan TODINCA. Nous nous intéressons à plusieurs techniques de décompositions de graphes, sous deux aspects complémentaires : le calcul des décompositions et leur utilisation pour la résolution de problèmes d'optimisation NP-difficiles.

Pour les classes de graphes qui admettent une “bonne” décomposition, de nombreux problèmes NP-difficiles (coloration, hamiltonicité, stable maximum, . . .) peuvent être résolus efficacement par programmation dynamique, en utilisant la décomposition. Une fois la décomposition calculée, de larges classes de problèmes peuvent être résolus par le même algorithme ou des algorithmes très proches [201]. Parmi les décompositions les plus connues citons, par ordre chronologique de leur apparition, la décomposition modulaire, la décomposition arborescente linéaire [271] (*path decomposition*), la décomposition arborescente [272] (*tree decomposition*), la décomposition en branches [273] (*branch decomposition*) et la clique-décomposition [202] (*clique decomposition*). À chaque décomposition on associe un paramètre de largeur, l'intuition étant que plus ce paramètre est petit, plus le graphe se décompose bien (typiquement, le paramètre mesure la taille des plus petits morceaux indécomposables). Le temps pour la résolution des problèmes difficiles est polynomial en la taille du graphe, mais exponentiel en la largeur de la décomposition. Notons également que seule la décomposition modulaire est calculable en temps polynomial pour les graphes quelconques. Pour les autres types de décomposition, le calcul d'une décomposition optimale est NP-difficile, et d'ailleurs le calcul de bonnes décompositions est au cœur de cet axe de recherche.

Nous avons utilisé les clique-décompositions pour résoudre une généralisation d'un problème de coloration [100], appelé p -coloration, issu de l'allocation de fréquences en télécommunications.

Une autre question liée la problématique des réseaux est le calcul du coupe-cycle de cardinal minimum. Bien que NP-difficile pour les graphes quelconques, nous avons prouvé que ce problème est polynomial pour les graphes de nombre astéroïde borné [83].

Pour aborder les problèmes NP-difficiles, une technique peu utilisée par le passé mais qui connaît un intérêt de plus en plus grand grâce à l'utilisation d'ordinateurs puissants est la résolution exacte, par des algorithmes efficaces (toute porportion gardée !) de complexité exponentielle. Nous avons donné de tels algorithmes pour le calcul d'une décomposition arborescente optimale [66] et d'une décomposition en branches optimale [67]. Ces algorithmes sont basés sur une étude combinatoire fine des solutions optimales, à travers la complétion (par ajout d'arêtes) du graphe en entrée, afin de transformer en graphe triangulé (sans cycle induit de longueur quatre ou plus).

Depuis 2004, nous nous intéressons particulièrement aux décompositions arborescentes linéaires et au paramètre de largeur associé – la largeur arborescente linéaire (*pathwidth*). Ces travaux sont au cœur de la thèse de K. SUCHAN. Nous avons étudié le problème de la *complétion d'intervalles minimales* des graphes quelconques. Ce problème consiste à ajouter un ensemble minimal d'arêtes au graphe en entrée afin de transformer en graphe d'intervalles. Les décompositions arborescentes linéaires optimales font justement partie des complétions d'intervalles minimales. Nous donnons plusieurs algorithmes de calcul des complétions d'intervalles minimales [80, 287], d'extraction d'une complétion minimale à partir d'une complétion quelconque [240], ou de calcul de la largeur arborescente linéaire pour des classes de graphes [288]. Nous avons également étudié les complétions minimales en graphe d'intervalles propres,

liées au problème de la largeur de bande [269].

3.2.3 Modèles continus du calcul

Cette thématique est nouvelle et ne correspond qu'à un permanent : J. DURAND-LOSE recruté au LIFO en septembre 2004. Elle a été initiée au cours de son habilitation.

La dernière décennie a vu l'émergence de modèles de calcul s'éloignant tout ou partie du cadre classique du calcul et de la thèse de Church-Turing (modèles se basant sur les réels ou *hypercomputing* avec machines de Turing à temps infini). Nos travaux se situent dans ce contexte où l'on cherche à savoir si l'on peut calculer plus (calculabilité) ou mieux (complexité) avec d'autres modèles.

Le modèle proposé par J. DURAND-LOSE, *Abstract Geometrical Computation* des machines à signaux trouve son origine dans les automates cellulaires. L'idée est de replacer la notion de signal dans un cadre où le temps comme l'espace sont continus. Ce modèle sort de la théorie classique de la récursivité par la nature des positions et dates (réelles à priori). On peut restreindre ce modèle à des positions rationnelles, ce qui permet, en partie, de le manipuler par une machine (de Turing ou de silicium).

Cette simulation est effectivement limitée car dès lors que l'on a une échelle de temps continue, le paradoxe de Zénon n'est pas loin. Pour nous, ce paradoxe correspond à avoir une infinité d'instants discrets durant un laps de temps fini. En menant une étape d'un calcul (classique) à chaque instant, au bout d'un temps (durée) finie, on en connaît le résultat... ou on sait qu'il ne s'est pas arrêté. On peut ainsi décider la halte. Nous avons donné, prouvé et implanté des constructions permettant de faire cela ainsi que de contracter l'espace et le temps.

Ces résultats s'appuient sur la construction de points d'accumulations. Il est facile de construire des exemples où l'on engendre un nombre infini de signaux dans une portion finie de l'espace ou alors, des accumulations sur tout un segment ou même, un cantor ! Pour interdire ces « monstres », nous avons défini une propriété de conservation. Celle-ci impose que le nombre de signaux présents à un instant donné est borné dès le départ. Malgré cette contrainte nous retrouvons tous nos résultats au prix de modifications techniques. Dans tous les cas, la prédiction de l'apparition d'au moins une accumulation est un problème Σ_2^0 complet (dans la hiérarchie arithmétique). Nous avons également prouvé qu'en imposant aux machines d'être réversibles, tout en étant conservatrices, on peut toujours calculer au sens de Turing.

Les perspectives dans cette thématique sont multiples : relier les accumulations d'ordre 2 et plus à la hiérarchie arithmétique, établir des ponts avec d'autres modèles de calcul et voir dans quelle mesure des constructions peuvent être automatiquement traduites dans le monde des automates cellulaires tout en conservant diverses propriétés.

3.3 Collaborations internationales et rayonnement

J. DURAND-LOSE est membre du réseau *Computability in Europe*.

La conférence *Machines, Computations, and Universality MCU '07* sera organisée au LIFO durant une semaine en septembre 2007. J. DURAND-LOSE est responsable de son organisateur et co-président du comité de programme.

J.L. FOUQUET a été membre du comité d'organisation du Colloque International GT04 qui s'est tenu à Paris (Sorbonne) en juillet 2004 en la mémoire de C. BERGE. Il a été aussi co-éditeur (édition chez Birkhauser dans la série *Trends in Mathematics*) du livre rassemblant les textes des meilleures conférences [33].

J.L. FOUQUET et H. THUILLIER ont été membres du comité scientifique du Colloque International ICGT05 qui s'est tenu à Hyeres en septembre 2005. Ce colloque est la plus grande manifestation internationale en France de Théorie des Graphes. Il se tient régulièrement tous les 4 ou 5 ans depuis 1976

(Orsay), 1981-1986-1990-1995-2000 (Marseille-Luminy-CIRM) (J.L. FOUQUET et H. THUILLIER ont également été membres en 1995 et 2000 du comité d'organisation et du comité scientifique de ce colloque).

I.TODINCA participe au Programme Blanc (ANR) NT05-4 46192 "Stratégies et algorithmes pour la décomposition et la résolution de problèmes d'optimisation sous contraintes". Les laboratoires partenaires sont l'UMR CNRS 6168 - LSIS Aix-Marseille III (Ph. Jégou) et l'UR 875 de l'INRA "Unité de Biométrie et Intelligence Artificielle" - 31 Castanet Tolosan (Th. Schiex) et le LIFO.

L'équipe a pris en charge l'organisation des 8^{ème} Journées Graphes et Algorithmes au LIFO en 2006. Depuis la première rencontre organisée à Bordeaux en 1998, ces journées s'imposent peu à peu comme la journée annuelle de rencontre de la communauté des graphes en France.

3.3.1 Nombre de publications

	International	National
Édition de livres	1	
Revue	10	
Conférences avec sélection et actes	14	
Workshop		5
Rapports de recherche non publiés	7	

4 Parallélisme Réalité virtuelle et Vérification de systèmes

4.1 Membres

Jean-Michel Couvreur et Frédéric Loulergue ont succédé à Gaétan Hains à la direction du projet PRV en décembre 2005.

Permanents

Siva Anantharaman	Professeur	
Jean-Michel Couvreur	Professeur	Depuis septembre 2005
Gaétan Hains	Professeur	Départ en août 2006
Frédéric Loulergue	Professeur	Depuis septembre 2005
Sébastien Limet	Maître de conférences HDR	
Pierre Réty	Maître de conférences HDR	
Mostafa Bamha	Maître de conférences	
Matthieu Exbrayat	Maître de conférences	Également membre du projet CA
Valérie Gouranton	Maître de conférences	Départ en août 2006
Emmanuel Melin	Maître de conférences	
Sophie Robert	Maître de conférences	Depuis mai 2003 (IR puis MCF)

ATER et Post-doctorants

Jing Chen	Post-doctorant	Septembre 2003 à août 2005
Souley Madougou	ATER	Depuis septembre 2005
Armelle Merlin-Bonenfant	ATER	Septembre 2003 à août 2005

Doctorants de l'université d'Orléans

Mohamad Al Hajj Hassan	2 ^e année	
Radia Benheddi	2 ^e année	
Duy Tung Nguyen	2 ^e année	
Barbara Fila	2 ^e année	
Sylvain Jubertie	3 ^e année	
Pierre Pillot	3 ^e année	
Armelle Merlin-Bonenfant	2000-2004	Thèse soutenue en décembre 2004
Souley Madougou	2002-2005	Thèse soutenue en décembre 2005
Julie Vuotto	2001-2004	Thèse soutenue en décembre 2004

Doctorants d'autres universités

Louis Gesbert	2 ^e année	Paris 12
Phuong-Nam Huynh	2 ^e année	Paris 12

4.2 Introduction

Les recherches du début des années 90 sur les modèles de parallélisme avaient pour objectif de fournir des modèles de parallélisme structuré, portable sur toute architecture parallèle généraliste et avec un modèle de prévision de performances simple et réaliste. Toutefois ces modèles prenaient toujours pour base de modèle abstrait d'architecture, un modèle de machine parallèle à mémoire distribuée. Ce type d'architecture est celui qui est le plus découplé : c'est donc celui qui fait peser le plus de contraintes sur l'utilisateur. Un algorithme conçu pour ce type d'architecture peut être facilement utilisé pour des architectures plus couplées.

Les problèmes liés au développement de programmes pour ces architectures, au premier rang desquelles on trouve les grappes de PC, très répandues, sont nombreux : indéterminisme, interblocage, déséquilibre. Ce dernier écueil est particulièrement dangereux pour les applications de bases de données et de réalité virtuelle. Les applications de réalité virtuelle sont en général constituées de codes hétérogènes parallèles. Une difficulté supplémentaire de couplage modulaire et réutilisable de ces codes apparaît, couplage qui doit être efficace puisque l'interactivité des applications implique des contraintes de type temps réel.

Les travaux de PRV en parallélisme et réalité virtuelle visent au développement de langages, bibliothèques et intergiciels pour la programmation parallèle, distribuée et de grilles de calcul, généralistes ou plus spécifiquement dédiés à des applications de réalité virtuelle et à des bases de données. Ces logiciels offrent des abstractions qui facilitent le travail des utilisateurs. Nous travaillons sur ces sujets en collaboration avec le projet MOAIS (INRIA) et le LACL (Paris 12) au niveau national, et avec l'*Information Processing Laboratory* (université de Tokyo) au niveau international.

Les techniques de vérifications ont déjà plus de vingt ans. Elles ont été développées dans un premier temps par des équipes de chercheurs et sont de plus en plus utilisées dans le milieu industriel pour l'analyse d'une grande variété de systèmes (systèmes matériels, logiciels, systèmes réactifs, systèmes temps réel). Il est maintenant prouvé que ces techniques sont efficaces et sont fréquemment utilisées pour détecter des bogues dans des cas industriels. De nombreuses études sont en cours pour élargir leurs champs d'applications et améliorer leur efficacité. Ceci nous conduit à penser que les applications industrielles vont se multiplier de manière significative dans les prochaines années. Le projet PRV a une compétence reconnue dans le domaine de la vérification formelle orientée preuve et vérification automatique. Il développe des méthodes et des théories pour la modélisation du bon fonctionnement des systèmes. Le projet représente la conjonction de quatre directions de recherche originales.

Une première est basée sur les techniques de réécriture et de grammaire d'arbres. Ces travaux ont entre autres comme application l'étude de classes de relations régulières ou non sous l'angle de programmes logiques. Il s'agit de travaux réalisés en lien étroit avec des équipes de l'IRISA (Rennes) et LIFC (Besançon) sur le plan national, et avec des chercheurs de l'Université de Vienne (Autriche).

Une deuxième est basée sur les techniques d'unification sémantique utilisant des automates d'arbres ou de dags. Ces travaux ont donné lieu à une approche originale pour l'étude de documents semi-structurés, tel qu'en XML, pouvant être compressés ou non. Il s'agit de travaux réalisés avec l'équipe CASSIS (LORIA, Nancy), des chercheurs de l'Université d'État SUNY à Albany-NY (USA), des chercheurs des universités de Vienne (Autriche) et d'Amsterdam (Pays Bas).

Une troisième est basée sur des représentations symboliques pour la vérification automatique de systèmes. Ces travaux visent l'étude de systèmes de tailles industrielles dans le cadre du projet MORSE (un projet RNTL). Ces travaux sont réalisés en lien avec le LaBRI (Bordeaux), le LIP6 (Paris 6) et les sociétés Sagem et Aonix.

Une quatrième est basée sur des algèbres de processus adaptées pour la modélisation de protocoles de sécurité et l'étude de qualité de service.

4.3 Principaux résultats

4.3.1 Parallélisme et réalité virtuelle

L'utilisation de grappes de PC où le couplage entre les processeurs et entre les cartes graphiques est faible, soulève de nombreux problèmes de parallélisation et de synchronisation. On peut distinguer trois difficultés majeures pour utiliser une grappe de PC en réalité virtuelle qui correspondent à trois niveaux de synchronisation. Le premier niveau concerne la synchronisation des signaux vidéos sur des cartes graphiques standards. Notre contribution a été de développer une solution essentiellement logicielle Softgenlock¹¹ [102]. Les deuxième et troisième niveaux de synchronisations concernent la synchronisation des buffers des cartes graphiques et celle des données à afficher afin de garantir la cohérence de la visualisation. Notre contribution a été la bibliothèque NetJuggler¹² [182], basée sur la plate-forme logicielle libre de réalité virtuelle VRJuggler¹³.

Dans le cadre d'une bourse de thèse cofinancée par le BRGM et la Région Centre, nous avons mené une étude qui consistait à mettre en oeuvre des méthodes de distribution des calculs adaptées aux données géo-référencées et aux simulations géologiques du BRGM [130]. Des stratégies de partitionnement des données favorisant un équilibre des charges convenable et résolvant le problème des frontières sont décrites, implantées ou en cours d'implantation, pour des données régulières ou de type *manifold* [77, 78]. Nous avons également participé au projet RNTL Geobench dont le BRGM était porteur. Ce projet avait pour cadre l'exploration de techniques permettant d'accélérer l'analyse interactive de données scientifiques, en particulier pour les très gros volumes de données rencontrés par exemple dans les géosciences ou la simulation par calcul intensif. Le projet étudiait les solutions à ces problématiques à travers le prototypage d'un environnement de visualisation scientifique s'appuyant sur les grappes de PC pour la distribution des traitements pour la visualisation de données. Le LIFO et le laboratoire ID-IMAG étaient au cœur du projet puisque nous étions chargés de développer un intergiciel FlowVR¹⁴ [39] qui offre un cadre de programmation qui facilite la définition des communications entre les nœuds et la manière dont ils doivent synchroniser les codes distants. Nous nous sommes appuyés sur les travaux théoriques antérieurs menés au LIFO en matière de désynchronisation de code parallèle.

Dans le domaine des modèles et systèmes pour le parallélisme nous avons poursuivi nos travaux sur la programmation parallèle de très haut niveau et son adaptation à l'informatique globalisée dans le cadre

¹¹<http://softgenlock.sourceforge.net>

¹²<http://netjuggler.sourceforge.net>

¹³<http://www.vrjuggler.org>

¹⁴<http://flowvr.sourceforge.net>

du projet Caraml¹⁵ de l'ACI Grid. Nos principaux résultats concernent des algorithmes data-parallèles de requêtes relationnelles, et un modèle de performance mixte data-parallèle et concurrent, adapté à l'informatique globalisée. La parallélisation des opérations de jointure dans les bases de données doit faire face à des problèmes de déséquilibre : déséquilibre des valeurs de l'attribut de jointure mais aussi déséquilibre du résultat de la jointure. Nos travaux antérieurs pour le traitement de requêtes de jointure et de multi-jointure étaient basés sur le calcul des histogrammes des opérandes d'une jointure permettant une connaissance approfondie de la distribution des valeurs de l'attribut de jointure ainsi que de la distribution du résultat de la jointure. Récemment un algorithme parallèle efficace conçu pour le traitement des requêtes de semi-jointure [47] a été utilisé pour proposer une nouvelle version, optimale, d'algorithmes parallèles pour le traitement de jointures et multi-jointures [45]. Nous avons proposé une extension de nos résultats en utilisant du parallélisme pipeliné pour l'évaluation de requêtes complexes [46, 3]. Très récemment nous avons conçu un algorithme pour le calcul d'agrégat [79]. L'algèbre BSPA ajoute à une algèbre de processus de type CCS une construction data-parallèle BSP (*Bulk Synchronous Parallelism*). On peut ainsi modéliser la coordination, par des communications point-à-point, de plusieurs machines à l'intérieur desquelles les communications suivent le modèle BSP [131, 21].

L'essentiel des travaux actuels en programmation parallèle fonctionnelle se déroulent au sein du projet « Programmation parallèle certifiée¹⁶ » (ACI Jeunes Chercheurs) dont Frédéric Loulergue est le responsable. L'objectif de ce projet est de fournir un environnement pour l'écriture, la certification et l'exécution sûre de programmes parallèles. L'ambition est d'une part d'avoir un langage BSML certifié couvrant pour sa partie séquentielle Standard ML [264]. Nous avons ainsi une nouvelle sémantique formelle sous forme d'un calcul [129] qui clarifie la nature des expressions de BSML qui peuvent être globales, sur toute la machine parallèle et avec un type l'indiquant, locales, c'est-à-dire avec un type ML classique et présentes sur un processeur donné, et enfin répliquées, c'est-à-dire vues comme des expressions séquentielles classiques mais en fait dupliquées sur chaque processeur. Cette distinction est très importante dès que l'on considère des constructions qui ne sont plus purement fonctionnelles. C'est le cas avec les exceptions dont nous étudions l'interaction avec nos opérations parallèles [149]. Nous avons également étudié des sémantiques des nouvelles primitives de composition parallèle [137, 107, 95].

4.3.2 Vérification de systèmes

Dans le domaine de la vérification, on manipule très souvent des relations sur les termes du 1^{er} ordre. Par conséquent, il est important d'avoir des représentations finies de ces relations, encore appelées langages de n-uplets d'arbres. Nous avons étudié différentes représentations possibles pour une classe de langages appelée langages synchronisés. Nous avons plus particulièrement étudié une représentation sous forme de programmes logiques et présenté un algorithme basé sur les techniques de transformation de programmes pour calculer les opérations sur les langages. En collaboration avec l'Université de Technique de Vienne (Autriche), nous avons travaillé sur le problème de la préservation de la régularité en réécriture. Ce problème consiste à déterminer si l'ensemble des termes que l'on peut atteindre par réécriture à partir d'un ensemble régulier de termes, est lui-même régulier. Après avoir identifié de bonnes classes de programmes logiques, nous avons défini de nouvelles classes de systèmes de réécriture qui ont un ensemble de descendants réguliers [94]. Nous avons aussi étudié la régularité des descendants lorsque la réécriture est restreinte par certaines stratégies [22]. Dans le prolongement de ces travaux, nous avons travaillé sur l'application de ces résultats à la vérification de propriété de sûreté de systèmes à états infinis. Nous avons notamment montré que nos résultats étendent certains résultats connus sur les algèbres de processus. Nous avons aussi défini une méthode d'approximation statique d'un système de réécriture permettant d'obtenir des résultats approchés de l'ensemble des termes obte-

¹⁵<http://www.caraml.org>

¹⁶<http://wwwpropac.free.fr>

nus par réécriture à partir d'un ensemble régulier de termes [128, 19]. Ces travaux se poursuivent dans le cadre de la thèse Pierre Pillot [92]. D'autres travaux ont consisté à s'intéresser à des ensembles de descendants non réguliers, en particulier algébriques [133], ce qui permet de travailler sur des classes plus larges de systèmes de réécriture. Puis, afin d'aller encore plus loin, nous avons défini une classe étendue de programmes logiques permettant de mélanger l'expressivité des langages synchronisés, et celle des langages algébriques [132].

Nous avons étudié un autre aspect de la théorie des systèmes de preuve : la question de l'unification sémantique. Nous avons montré que l'unification modulo la théorie AC(U)ID est décidable en NEXP-TIME. C'est la théorie obtenue à partir d'un opérateur de base '+', supposé Associatif-Commutatif et Idempotent, par l'ajout d'un élément neutre (U), et d'un 2^e opérateur '*', distributif (D) sur '+'. De la méthode de preuve, on obtient aussi l'indécidabilité de l'unification si '*' est de plus supposé associatif, ou associatif-commutatif. L'analyse des bornes de complexité de ce problème nous a conduits vers une étude des automates de dags, avec ou sans labels. Cette étude a donné lieu à plusieurs résultats [1, 42, 2, 41], dont on a pu tirer les conclusions suivantes : ces automates ont une très grande expressivité mais leur problème de "membership" est plus complexe que pour les automates d'arbres ; le langage d'un automate de dag peut correspondre à un langage non-régulier d'arbres, et la classe de ces automates n'est pas stable par complémentation. Il résulte de ces résultats que les bornes de complexité ne peuvent se resserrer. Ces travaux nous ont conduits à chercher des applications pour les automates de dags ; en particulier dans le domaine de l'analyse et de requêtes sur les documents semi-structurés (tels qu'en XML), mais pouvant être compressés [65]. Nous avons ensuite élaboré une approche originale pour évaluer toute requête positive de format Core XPath sur tout document, compressé ou non. En voici les grandes lignes : le document t est d'abord traduit en une grammaire régulière d'arbres G_t , telle que son graphe de dépendance D_t soit un dag, c-à-dire sans cycles ; la requête Q est décomposée en sous-requêtes, chacune portant sur un axe Core XPath de base ; à chaque requête Q' portant sur un axe Core XPath de base est associé un automate de mots, de telle manière que les réponses à la requête Q' sur le document t sont obtenables par un run unique, top-down et inambigüe, de cet automate de mots sur le dag D_t . L'unicité de ces runs est obtenue par une technique de labelling appropriée, dont la sémantique est liée de façon inhérente à l'évaluation des requêtes. A noter que de telles techniques de labelling sémantique peuvent encoder certaines politiques de contrôles d'accès aux documents. Il semble possible de les affiner, de manière à pouvoir s'en servir à l'analyse sécuritaire de protocoles modélisables comme des grammaires (d'arbres) labellées.

Une toute autre voie de recherche a également été abordée en 2004-2005. De nouvelles techniques de vérification formelles ont été présentées en modélisant des problèmes tels que l'analyse qualitative et/ou sécuritaire de protocoles, étude de qualité de services (QoS) etc., dans une algèbre de processus adaptée. Un formalisme dit d'algèbre synchrone de processus a été développé ; la notion de temps discret est aisément incorporable dans cette algèbre, qui permet par ailleurs de modéliser la sécurité de données dans les flots d'information, en termes d'équivalence de processus par bissimulation forte ou trace forte, dans une extension value-passing de l'algèbre [104, 103]. Quant à la notion de la QoS, elle a été formalisée dans une structure algébrique de semi-anneau, dérivée de celle utilisée pour le modèle de performances de l'algèbre de processus BSPA, obtenue en associant un coût à chaque action atomique qui fait partie du service [40].

Dans le cadre du projet MORSE, un projet RNTL, nous réalisons un outil pour la vérification de systèmes décrits en LFP, un langage de prototypage de haut niveau. Cet outil est basé sur une nouvelle structure à la BDD, les *Diagrammes de Décisions de Données* (DDD), conçus au LaBRI et au LIP6 à l'initiative de Jean-Michel Couvreur. La complexité et les enrichissements successifs du langage LFP nous ont conduits à élaborer le langage LFV (*Language For Verification*), un langage suffisamment puissant pour contenir les caractéristiques du langage LFP et le plus élémentaire que possible pour faciliter l'écriture et la réutilisation de l'outil de vérification. La puissance des DDD à manipuler des structures dynamiques nous ont permis d'élaborer l'outil de vérification. Les premières données expérimentales

sont prévues dans les prochains mois afin de vérifier de la capacité des DDD à traiter des problèmes de tailles industrielles.

4.4 Positionnement

Les travaux du LIFO sur la synchronisation des signaux vidéos afin de réaliser une stéréoscopie active sur la base de machines standards était à notre connaissance une première mondiale. De même la conception de l'application Netjuggler, basée sur la plate-forme logicielle libre de réalité virtuelle VRJuggler de l'Université de l'Iowa¹⁷ a été réalisée plus d'un an avant l'équivalent ClusterJuggler de l'Université de l'Iowa qui s'est largement inspiré des solutions techniques que nous avons adoptées.

En collaboration avec l'INRIA Rhône-Alpes, nous travaillons sur la réalisation de parallélisation pour la performance de systèmes de réalité virtuelle. Dans ce cadre nous pouvons citer OpenMASK de l'IRISA ou encore les approches par composants. Cependant dans le premier cas il s'agit plus d'une conception modulaire de mondes synthétiques que de la performance par la parallélisation. Dans le deuxième cas, l'approche par composants offre soit des modèles *data-flow* n'utilisant que des transferts de données unidirectionnels soit des modèles par appels de procédures qui facilitent le couplage des composants mais diminuent d'autant la généralité de leurs interfaces. Au contraire FlowVR, notre solution pour la programmation d'applications modulaires et parallèles de réalité virtuelle, est à notre connaissance le seul capable d'implanter des politiques fines de désynchronisation de code parallèle tout en les extrayant de la structure interne du code.

Pour la visualisation de gros volumes de données, l'approche prédominante en rendu interactif est de combiner les techniques *Out Of Core* (OOC) et multi-résolution [243, 254]. Cependant cette approche introduit des surcoûts importants en temps de calcul et des problèmes de latence. Au contraire, notre solution tout à fait spécifique au LIFO est basée sur le fait qu'il est plus rapide d'accéder à une mémoire vive distante qu'au disque local. Elle consiste à paralléliser les calculs de multi-résolutions à partir d'une répartition des données sur les différents nœuds de la grappe et ainsi elle élimine l'OOC et sa latence.

Dans le spectre des solutions pour la programmation parallèle allant des bibliothèques de type MPI à des compilateurs parallélisants, notre approche de programmation parallèle fonctionnelle est une approche intermédiaire. Par rapport à des extensions concurrentes de ML [266] ou explicites et déterministes [187, 230] mais qui brisent la transparence référentielle nous conservons un langage purement fonctionnel si l'on ajoute nos opérations parallèles à un langage purement fonctionnel. Par rapport à des approches basées sur la réduction de graphes en parallèle [179] qui a par la suite donné les approches où le programme fonctionnel est annoté par des directives guidant l'exécution parallèle [289], notre approche est plus explicite et permet un meilleur contrôle du parallélisme. Par ailleurs par rapport à des langages parallèles basés sur Haskell, BSML et MSPML ont l'avantage de la prévisibilité des performances. Haskell étant un langage paresseux, déterminer les performances d'un programme séquentiel peut déjà s'avérer extrêmement difficile. Une autre approche intermédiaire est celle des langages à patrons ou *algorithmic skeletons* [198, 267]. Un ensemble *fixé* d'opérations sont exécutées en parallèle. Leur sémantique fonctionnelle est explicite mais leur sémantique opérationnelle parallèle est en général implicite. Notre approche fixe a priori un modèle de parallélisme structuré (avec son modèle de performances) puis conçoit un ensemble *universel* d'opérations permettant de programmer n'importe quel algorithme de ce modèle. Comme nous étendons des langages fonctionnels, il est possible de définir des squelettes sous forme de fonctions d'ordre supérieur. Nous avons ainsi dans le même langage les primitives et la possibilité de définir des squelettes, ce qui n'est en général pas possible avec les approches à squelettes. D'autre part nous proposons une série de sémantiques allant de la sémantique présentant le modèle de programmation (que l'on peut voir comme séquentielle) à une machine abstraite parallèle présentant le modèle d'exécution, en passant par des sémantiques intermédiaires qui permettent

¹⁷<http://www.vrjuggler.org>

de prouver l'équivalence entre le modèle de programmation et le modèle d'exécution. Ceci n'a à notre connaissance pas d'équivalent.

Le lien étroit qu'il y a entre les ensembles de contraintes d'un côté et les automates d'arbres de l'autre est très naturel. Il a été utilisé fréquemment dans la littérature (on peut citer par exemple [234, 199]). Cependant, contrairement à nos travaux sur la représentation des langages de n-uplets d'arbres, aucun de ces articles n'exploite le point de vue de la programmation logique pour la résolution des problèmes des langages de n-uplets d'arbres. Parmi les travaux sur les contraintes ensemblistes, on peut aussi citer [237] dont l'objectif est de définir des contraintes sur des ensembles de n-uplets d'arbres.

De nombreux algorithmes ont été proposés pour décider la satisfiabilité des contraintes ensemblistes (c'est à dire pour décider le test du vide) comme par exemple [190, 194, 206, 241]. Ces algorithmes exploitent les propriétés algébriques des expressions ensemblistes pour réduire les contraintes dans une sorte de forme résolue, qui, dans le cas des articles cités, est un système de contraintes linéaires monadiques (c'est-à-dire sur des mono-uplets et sans variables dupliquées). Les règles de transformation décrites dans ces articles ne sont pas directement comparables avec notre technique car elles utilisent des propriétés spécifiques aux contraintes ensemblistes considérées. Il nous reste à étudier comment notre cadre pourrait traiter ces classes de problèmes. On peut noter que des algorithmes à base d'automates d'arbres [237, 238] ont été utilisés pour résoudre des contraintes ensemblistes. Ces travaux pourraient nous servir de base pour utiliser nos outils dans le but de résoudre des contraintes ensemblistes sur des ensembles de n-uplets d'arbres.

Les classes de programmes et les techniques de preuve que nous avons utilisées dans nos travaux, ressemblent un peu à celles utilisées pour les procédures de décision de la résolution (par exemple [221, 222]). Dans ces articles, on montre la décidabilité de certaines classes de clauses en montrant la terminaison de certains raffinements de la résolution. Ces preuves de terminaison se basent essentiellement sur une borne pour la longueur et la profondeur des clauses comme nous le faisons. Par contre, dans ces techniques la procédure de décision augmente l'ensemble initial de clauses dans le but de dériver la clause vide alors que nous simplifions des clauses afin d'obtenir un programme d'une classe plus simple.

Du point de vue de la programmation logique, nous avons introduit des classes de programmes logiques qui ont des cs-programmes équivalents. Proietti and Pettorossi [268] définissent une classe similaire aux quasi-cs programmes appelée programmes non-ascendants. Cette classe requiert aussi que la profondeur des occurrences d'une variable donnée soit plus grande dans la tête des clause que dans leur corps mais les clauses non-ascendantes sont complètement linéaires alors que les clauses quasi-cs peuvent avoir des têtes non-linéaires. On peut noter que la classe des programmes *ib* ne peut se comparer ni à la classe des programmes quasi-cs ni à celle des programmes ascendants. [268] définit aussi la classe des programmes "*tree-like*", qui contient la classes des cs-programmes linéaire monadiques mais cet article n'explore pas les liens entre cette classe de programmes et les langages d'arbres. De plus, notre résultat concernant la projection de cs-programmes sur leurs arguments libres produit directement un cs-programme linéaire monadique.

Les concepts et les algorithmes de la vérification sont incarnés dans des outils logiciels, notamment les *model-checkers*. Au cours des dernières années, ces *model-checkers* ont permis de découvrir des erreurs dans des systèmes de taille de plus en plus importante. Ils ont aussi permis de valider d'autres systèmes. Les succès et les limitations de ces outils sont à l'origine d'une importante activité de recherche dans le domaine de la vérification. La plupart des laboratoires travaillant dans ce domaine ont leurs propres outils. Ceux-ci ont été réalisés à des fins académiques ou des finalités industrielles. Dans le cadre du projet MORSE, nous développons un *model-checker* pour la vérification de systèmes décrits dans un langage de haut niveau, le langage LFP. Ce langage est adapté à la description de systèmes embarqués. Il offre de nombreuses fonctionnalités, telles que la création dynamique de processus, l'appel distant de procédure, la communication par messages. Notre projet a pour ambition de concevoir un *model-checker* symbolique comparable à ceux développés pour les outils de référence Esterel (INRIA Sophia-Antipolis, Nice), Signal (INRIA IRISA, Rennes), Lustre (INRIA Verimag, Grenoble) et Altarica

(LaBRI, Bordeaux). L'originalité de notre *model-checker* est l'utilisation de techniques de vérification symbolique pour traiter des systèmes de grandes tailles tout en manipulant des structures dynamiques. Ainsi notre outil profite de l'efficacité des techniques de vérification symbolique combinée à un langage de description de systèmes de haut niveau.

4.5 Perspectives

4.5.1 Réalité virtuelle et parallélisme

Nos travaux en parallélisme pour les bases de données ou dans les langages de programmation fonctionnelle étaient essentiellement basés sur le modèle BSP dans lequel l'architecture parallèle est homogène. Nous souhaitons étendre nos travaux à des architectures hétérogènes distribuées (voir dynamiques) semblables à celles qui sont utilisées pour la réalité virtuelle. Dans ce cadre ci le problème de l'allocation des ressources (qui peut prendre différentes formes selon le domaine) est prégnant. Il ne peut se baser que sur une modélisation des performances, qui elle aussi peut prendre diverses formes. Nous pensons que ces problèmes communs et la diversité des approches considérées peuvent apporter des croisements fertiles pour cet axe de recherche.

Le prolongement naturel de nos travaux sur la visualisation de gros volumes de données est l'implantation effective d'approches permettant de supporter tout type d'objet géologique. Il est des circonstances où l'on a besoin de guider la multi-résolution par des informations non-géométriques ou même par la sémantique. Or la taille de ces données peut être plus importante que celle de la géométrie. En conséquence, pour pouvoir supporter un affichage interactif de très haute résolution, des techniques de compression temps réel s'appliquant aussi à ces données doivent être mises en place. Nous proposons deux voies d'extension allant dans ce sens : l'intégration d'une technique hiérarchique d'occlusion basée sur un calcul d'horizon et l'implémentation d'une technique de compression de maillage. Par ailleurs un modèle de coûts de communication pourrait servir à régler en ligne les paramètres de la multi-résolution.

Pour de grosses applications FlowVR, l'allocation des ressources reste un problème difficile [75]. Le placement des modules sur les machines et le routage des communications reste à la charge de l'utilisateur. Pour réduire cette charge il serait nécessaire de modéliser les performances du système, peut-être en utilisant les mesures du mécanisme de traces, pour déterminer un placement et une politique efficace d'activation des modules. Dans le cas général ce problème est NP-complet. Toutefois en se restreignant à des cas simples (connections FIFO uniquement par exemple), notre objectif est d'élaborer des outils de déploiement automatiques ou semi-automatiques qui permettront d'optimiser l'utilisation des ressources disponibles en fonction des contraintes imposées par l'application.

Les travaux menés actuellement par l'équipe PRV, dans le domaine du parallélisme dans les bases de données consiste essentiellement à étendre nos travaux précédents au traitement des requêtes complexes sur des architectures distribuées puis des grilles où les données sont réparties de manière quelconque sur éventuellement plusieurs réseaux. Les performances devront être modélisées et cette modélisation sera exploitée pour l'optimisation et la génération de plans d'exécution efficaces pour le traitement de requêtes complexes.

Pour la programmation parallèle fonctionnelle nous envisageons d'étudier des modèles d'exécution alternatifs pour *Bulk Synchronous Parallel ML*. Premièrement l'exécution d'agents BSML dans une grille de calculs. Ces agents seraient accompagnés d'une description de leur coûts d'exécution et des contraintes données par l'utilisateur. Le choix de la machine parallèle, élément de la grille de calcul, serait négocié avec un système de type *broker*. Dans une telle approche la modélisation des performances est bien évidemment indispensable. Deuxièmement l'exécution de programmes BSML sur un ensemble hétérogène et volatile de machines. Nous aurons alors à développer des algorithmes distribués et en ligne d'équilibrage de charge et d'ordonnancement, tout en tirant parti de la structuration et du modèle de performances BSP de nos programmes.

Nous prévoyons plusieurs projets de collaborations (soumis ou en cours de rédaction) avec d'autres laboratoires et le milieu industriel pour concrétiser ces perspectives :

- Le projet *Dalia* a pour objet la visualisation, l'interaction et la collaboration dans les environnements distribués hétérogènes. L'objectif est d'étudier les applications collaboratives/interactives 3D traitant de grandes masses de données statiques ou dynamiques.
- Le projet *FVNano* a pour objectif un environnement logiciel distribué destiné à la manipulation et l'exploration de simulations d'objets biologiques ou physiques complexes à l'échelle nanoscopique sur une plate-forme de réalité virtuelle et augmentée.
- Le projet *Calcul de bassins versants pour des modèles numériques de terrains volumineux sur grappes de PC* étudiera la possibilité d'appliquer les techniques de parallélisation de calculs développées au LIFO, aux algorithmes de calcul de bassins versants de la société Geo-Hyd¹⁸.
- Le projet *Parallel Declarative Approaches for Grid Computing* en collaboration avec le *Grid Computing Center* de la Shanghai Jiao Tong University vise à l'extension de nos travaux sur le parallélisme dans les bases de données et les langages fonctionnels de programmation aux grilles de calculs.

4.5.2 Fondements de la vérification

La représentation et la manipulation des langages de n-uplets d'arbres par des programmes logiques ouvrent de nombreuses perspectives de recherche. Pour renforcer l'intérêt, notamment pratique, de cette approche, il faudrait étudier précisément la complexité de la procédure de transformation afin de pouvoir la comparer avec celle des algorithmes classiques de manipulations de langages de n-uplets d'arbres. Il faudrait finaliser et optimiser l'implantation cette procédure. Un des points forts de nos résultats est d'avoir trouvé des classes de programmes logiques qui ne sont pas des cs-programmes mais qui ont un cs-programme équivalent. Il serait donc intéressant d'exhiber de nouvelles classes de programmes logiques qui peuvent se transformer en cs-programmes. Il serait aussi intéressant d'étendre la notion de cs-programmes au cadre de la programmation logique avec contraintes afin d'enrichir l'expressivité des outils manipulés. Les langages synchronisés restent, dans de nombreuses applications, insuffisamment puissants pour modéliser totalement le problème étudié. Il faudrait donc mettre en place des mécanismes d'approximation du résultat attendu. Une approche plus prometteuse que [19] serait de faire de l'approximation dynamique. Une telle technique devrait permettre de mieux maîtriser le résultat obtenu et d'arriver à le raffiner s'il n'est pas satisfaisant.

Une autre approche consisterait à utiliser des langages d'arbres nettement plus expressifs comme dans [132], mais en perdant alors certaines propriétés parfois utiles (comme la stabilité par intersection), ou bien à définir des langages d'expressivité intermédiaire qui conservent toutes les bonnes propriétés.

La principale limite des structures de données efficaces utilisées en vérification, les BDD et leurs variantes, est qu'elles ne s'appliquent qu'aux systèmes à nombre fini d'états. Dans le cadre de la vérification de systèmes infinis, Jean-Michel Couvreur a conçu la première structure de données, les *automates partagés*, pour manipuler les automates finis basés sur les grands principes des BDD. Les premières expérimentations ont montré le grand bénéfice des automates partagés quand ils sont utilisés pour l'exploration symbolique de l'espace d'états de systèmes infinis. Un premier travail consiste à étendre ces résultats aux automates reconnaissant des mots infinis et plus particulièrement les automates faibles. Nous pensons que les aspects techniques de ce projet devraient être résolus rapidement, par contre leurs expérimentations et leurs intégrations dans des techniques de vérification sont un projet à moyen terme. Par ailleurs, les techniques de représentations symboliques sont encore à ce jour assez limitées. On constate que de nombreux résultats de décidabilité pour les systèmes infinis reposent sur des représentations des données (par exemple, les automates d'arbres), ou des fragments de logique. Enrichir ces techniques en se basant sur les idées développées dans des résultats de décidabilité nous paraît essentiel.

¹⁸Geo-Hyd 386 rue du Rond d'Eau 45075 Orléans cedex 2. <http://www.Geo-Hyd.fr>

4.5.3 Vérification dans des domaines spécifiques

Nos techniques et outils seront spécialisés afin d'être appliqués dans des domaines spécifiques : la vérification de protocoles cryptographiques, la vérification et l'interrogation de bases de données XML, la programmation parallèle.

Les résultats déjà obtenus sur les langages de n-uplets d'arbres ont permis de montrer leur utilité dans les domaines de la vérification et de la démonstration automatique. On peut approfondir et étendre leur champ d'application. Une partie de ces travaux dépend des résultats obtenus dans nos recherches sur les langages de n-uplets d'arbres. Dans l'immédiat, on pourrait implémenter les algorithmes de résolution des formules pseudo-régulières et de calcul des descendants via un système de réécriture. Il faudrait ensuite intégrer les mécanismes d'approximations décrits précédemment afin d'obtenir un outil complet permettant d'aller de la spécification du problème jusqu'à sa résolution, éventuellement de manière approchée.

Une direction de travail vient de débiter et est destinée à se poursuivre, en particulier dans le cadre de l'action Satin de l'ACI Sécurité. Elle concerne le domaine de l'analyse sécuritaire de protocoles cryptographiques par des techniques formelles de réécriture et d'unification sémantique. Les capacités de l'intrus (basées sur les fonctionnalités d'encryption et de décryption, entre autres) sont ici modélisées comme un système de réécriture convergeant pour lequel l'unification est effectivement décidable et finitaire. Les règles du protocole, quant à elles, sont représentées comme des clauses de Horn. La détection des attaques possibles (par l'intrus) se formule alors en termes d'une combinaison des techniques de résolution et de langages réguliers d'arbres.

Dans le cadre du rapprochement de laboratoire d'informatique de Tours avec le LIFO, le projet PRV se rapproche de l'équipe BdTIn du laboratoire d'informatique de Tours qui sont intéressés par nos travaux pour des applications à l'interrogation ainsi qu'à la vérification de contraintes d'intégrités dans les bases de données XML. En effet les bases de données XML sont structurées sous forme d'arbres et un certain nombre des résultats obtenus sur les langages synchronisés devraient avoir des implications intéressantes dans ce domaine. Cependant les arbres manipulés en XML sont plus généraux que ceux que nous avons étudiés jusqu'à maintenant dans ce cadre. Un des objectifs de cette collaboration sera donc d'adapter les outils développés sur les langages synchronisés aux arbres XML.

Les travaux dans le cadre du projet *Programmation parallèle certifiée* continuent. Jusqu'à présent les travaux menés étaient plutôt du domaine de la conception de langages, basés sur des sémantiques formelles. Le reste du projet et ses suites vont avoir une forte orientation vérification :

- l'extraction à partir de preuves de programmes fonctionnels parallèles, écrits dans nos langages fonctionnels, (BSML, MSPML) avec l'assistant de preuves Coq ;
- la spécification des différentes sémantiques de *Bulk Synchronous Parallel ML* et la preuve assistée de leur équivalence ;
- la preuve de programmes parallèles impératifs BSP écrits dans un mini-langage impératif dédié, puis écrits dans une extension de C ou de Java, en passant dans les deux cas par une traduction fonctionnelle en étendant l'approche WHY [229] à notre cas.

Nous souhaitons également commencer un travail sur la vérification de programmes parallèles SPMD écrits par exemple en C + MPI. Les outils utilisés seront ici ceux du *model-checking*. Dans le paradigme *Single Program Multiple Data* (SMPD) un seul programme est écrit pour tous les processeurs : c'est un programme dans un langage séquentiel faisant appel à des fonctions de communications par passage de messages et dont le comportement est spécialisé pour chaque processeur par l'utilisation d'une variable *pid* qui désigne le processeur. On peut alors modéliser un tel programme en utilisant également une variable *pid*. Pour la vérification de propriétés on manipule alors une composition parallèle de plusieurs exemplaires de ce modèle dans lequel la variable *pid* aura été instanciée autant de fois qu'il y a de processeurs. Le nombre de processeurs pour lequel on pourra faire la vérification sera limité par les problèmes d'explosion de l'espace des états. On a alors intérêt à développer des méthodes de vérification

symbolique où la variable *pid* n'est pas instanciée. Il serait également intéressant d'avoir des techniques d'abstraction pour obtenir automatiquement le modèle à partir du code source du programme.

4.6 Animation de la recherche

4.6.1 Comités de programme

- S. Anantharaman : membre permanent du working group IFIP WG1.6 : depuis 1998
- M. Exbrayat : membre du comité de programme du workshop international PAPP 2004
- G. Hains : membre permanent du « steering committee » de la série de symposia internationaux *Trends in Functional Programming* (TFP) depuis 2004
- G. Hains : membre du comité de programme des manifestations internationales HLPP2003, SNPD03, PSI03, SASYFT2004, CMPP2004, PDCN2005 et des conférences nationales RENPAR 2001, MAJESTIC 2003
- F. Louergue : membre du comité de programme des conférences et workshops internationaux IFL'04, IFL'05, IFL'06, WLPP'05, PaCT-07 et de la conférence nationale JFLA'05
- P. Réty membre du comité de programme des workshops WRS'03 et WRS'04 *Workshop on Reduction Strategies in rewriting and programming*

4.6.2 Groupes de travail

- Groupe de travail *Formalismes et Outils pour la Vérification et la Validation* (FORVAL) de la proposition de GDR Génie de la Programmation et du Logiciel (GPL). Responsables : Olga Koucharenko (LIFC, Besançon) et Jean-Michel Couvreur
- Groupe de travail *Langages et Modèles de Haut-niveau pour la programmation parallèle, distribuée, de grilles de calcul et Applications* (LaMHA) de la proposition de GDR Génie de la Programmation et du Logiciel (GPL). Responsable : Frédéric Louergue

4.6.3 Organisation de manifestations

- 2007** *International Workshop on Practical Aspects of High-Level Parallel Programming* (PAPP), Mai, Pékin, Chine. Quatrième édition de la série annuelle de workshops internationaux PAPP organisée depuis 2004 par F. Louergue (co-organisé avec Anne Benoît, ENS Lyon, depuis 2006)
- 2006** *International Workshop on Practical Aspects of High-Level Parallel Programming* (PAPP), Mai, Reading, Royaume-Uni. Troisième édition de la série annuelle de workshops internationaux PAPP organisée depuis 2004 par F. Louergue
- 2005** *Third International Workshop on High-Level Parallel Programming and Applications* (HLPP), Juillet, Coventry, Royaume-Uni, co-organisé par A. Tiskin (Warwick University) et F. Louergue
- 2004** *International Workshop on Security Analysis of Systems : Formalism and Tools* (SASYFT), Mai, Orléans. Principal organisateur : S. Anantharaman
- 2003** *Second International Workshop on High-Level Parallel Programming and Applications* (HLPP), Mai, Paris, co-organisé par G. Hains et F. Louergue

4.6.4 Éditeurs invités

- 2006** F. Louergue : numéro spécial de la revue *Computer Languages, Systems and Structures* sur la thématique “sémantiques et modèles de coûts pour la programmation parallèle de haut-niveau”, à paraître
- 2006** S. Anantharaman : numéro spécial du *Journal of Automata Languages and Combinatorics*, sélection d'articles revus et étendus du workshop SASYFT 2004, à paraître

- 2006** F. Loulergue : numéro spécial de la revue *Scalable Computing : Practice and Experience*, volume 7, numéro 3, sélection d'articles revus et étendus du workshop PAPP 2005
- 2005** F. Loulergue : numéro spécial de la revue *Scalable Computing : Practice and Experience*, volume 6, numéro 4, sélection d'articles revus et étendus du workshop PAPP 2004
- 2003** G. Hains et F. Loulergue : numéro spécial de la revue *Parallel Processing Letters*, volume 13, numéro 3, sélection d'articles revus du workshop HLPP 2003

4.6.5 Vulgarisation

Fête de la Science et journées portes ouvertes

- **2006** M. Bamha et J.-M. Couvreur, Initiation à la programmation avec des robots Lego.
- **2006** R. Benheddi et F. Loulergue, Qu'est-ce que l'algorithmique ?
- **2006** S. Jubertie, S. Limet, E. Melin, S. Madougou, S. Robert, Introduction au parallélisme illustrée par des exemples visuels.
- **2004** V. Gouranton, S. Jubertie, S. Limet, S. Madougou, E. Melin, C. Nortet et S. Robert, Visualisation parallèle de terrains (gestion de gros volumes de données sur grappe de PCs).
- **2004** G. Hains, Initiation à la programmation avec des robots Lego.
- **2003** C. Crassin, V. Gouranton, S. Jubertie, S. Limet, S. Madougou, E. Melin et S. Robert, Visualisation de structures trabéculaires de l'os / Présentation d'une représentation d'un fluide 2D sur grappe de PC.
- **2003** G. Hains, Initiation à la programmation avec des robots Lego.

Conférences et articles

- G. Hains. Le futur de l'informatique et les limites du calcul. *Conférence Orléans-Débats au Museum d'Orléans*, mai 2005.
- Emmanuel Melin. Réalité Virtuelle : Entre Matrix et dialogue Homme-Machine ? *Microscoop, le journal du CNRS en délégation Centre-Poitou-Charentes*, 2004.

4.7 Thèses et HDR soutenues

1. S. Madougou, *Intégration des modélisations 3D des sciences de la terre au sein d'environnements de réalité virtuelle à base de grappe de PC*, Thèse de doctorat, Université d'Orléans, décembre, 2005
2. S. Limet, *Représentation des langages de n-uplets d'arbres par des programmes logiques et applications*, Habilitation à diriger des recherches, Université d'Orléans, novembre, 2005
3. A. Merlin, *Modèles opérationnels communicants, performances et algèbres de chemins*, Thèse de doctorat, Université d'Orléans, décembre, 2004
4. J. Vuotto, *Langages d'arbres réguliers et algébriques pour la réécriture et la vérification*, Thèse de doctorat, Université d'Orléans, décembre, 2004
5. N. Markey, *Logiques temporelles pour la vérification : expressivité, complexité, algorithmes*, Thèse de doctorat, Université d'Orléans, avril, 2003

4.8 Logiciels

Plusieurs bibliothèques de programmation parallèle et pour la réalité virtuelle ont été développées dans le cadre des recherches que nous menons. Elles sont continuellement maintenues et étendues. Elles sont librement téléchargeables et distribuées en *OpenSource*.

Bulk Synchronous Parallel ML (BSML) Bibliothèque pour le langage Objective Caml. Elle autorise la programmation parallèle fonctionnelle suivant le modèle *Bulk Synchronous Parallel*. Une nouvelle version, très facilement extensible grâce à l'utilisation des modules Ocaml, est prévue pour fin 2006. BSML est utilisée pour l'enseignement du parallélisme dans les universités d'Orléans et Paris 12. Son efficacité lui permet d'être également utilisée pour le développement d'applications.

FlowVR Ce logiciel est à la fois un environnement de programmation et d'exécution d'applications distribuées sur des grappes de PCs. Cet intergiciel est utilisé pour le développement de plusieurs applications réelles dans divers projets avec des partenaires académiques et industriels.

Minimally Synchronous Parallel ML (MSPML) Bibliothèque pour le langage Objective Caml permet la programmation parallèle fonctionnelle suivant le modèle *Message Passing Machine*. Une nouvelle version est prévue pour fin 2006, elle modulaire, efficace et incluant une opération de composition parallèle.

NetJuggler Ce logiciel permet de paralléliser le rendu d'une scène 3D et de simuler un environnement de RV sur une grappe de PC (plusieurs milliers de téléchargement depuis la mise en ligne).

Softgenlock Ce logiciel permet de répondre à la nécessité du genlock pour la stéréoscopie active. Cette approche évite de recourir à du matériel spécifique (plusieurs milliers de téléchargement depuis la mise en ligne).

4.9 Contrats et actions avec financement extérieur

4.9.1 En cours

2007-2009 *Transfert de données pour les applications interactives de grande taille* (DALIA), ANR Masse de données – Connaissance ambiantes. Partenaires : IPARLA (LaBRI - INRIA Futurs), MOVI (GRAVIR - INRIA Rhône-Alpes) MOAIS (ID - INRIA Rhône-Alpes) et PRV (LIFO - Université d'Orléans).

2007 *Vérification efficace de haut-niveau multi-processeur et modulaire* (VEHICULAIRE), financé par le pôle Grille, Système et Parallélisme (GSP) du GdR Architecture, Systèmes, Réseaux (ASR). Partenaires : LACL (Paris 12) et LIFO.

2004-2007 *Programmation parallèle certifiée* (PROPAC), ACI Jeunes Chercheurs. Partenaires : LIFO et LACL (Paris 12)

2004-2007 *Security Analysis for Trusted Infrastructures and Network protocols* (SATIN), ACI Sécurité. Partenaires : CEA-DAM, France Telecom R&D, projet Lande (IRISA), projet Cassis (TFC-LIFC), projets PRV et SDS (LIFO), projet Cassis (LORIA)

2005-2006 *Méthodes et Outils pour la Vérification Formelle de Systèmes Intéropérables Embarqués critiques* (MORSE), projet RNTL. Partenaires : SAGEM, AONIX, équipe SRC (LIP6), LIFO

2006 *Étude de composants logiciels pour la visualisation distribuée haute performance*, contrat avec le CEA

4.9.2 Terminés

2004-2005 *Vérification automatique de propriétés de sécurité*, projet franco-japonais PAI Sakura avec l'Université de Tohoku (Sendai)

2003-2004 *Visualisation immersive de données (géo)scientifiques* (Geobench), projet RNTL. Partenaires : BRGM, INRIA, CEA et LIFO

2002-2004 *Coordination et répartition d'applications multiprocesseurs en Objective Caml* (Caraml), ACI Grid. Partenaires : INRIA (Rocquencourt), PPS (Paris 7), LACL (Paris 12), LIFO (coordination)

2002-2004 Réseau de recherche France-Québec sur la sécurité des protocoles cryptographiques. Partenaires : CRAC (Ecole Polytechnique de Montréal), LIFO

4.10 Publications

Type de publication	Nombre
Revue internationale à comité de lecture	9
Revue nationale à comité de lecture	1
Conférences internationales avec actes et comité de lecture	18
Workshops internationaux avec actes et comité de lecture	13
Manifestations nationales avec sélection et actes	2

5 Sécurité et Distribution des Systèmes

5.1 Membres

Le projet SDS a été constitué en septembre 2006. Il est issu d'une activité récente au sein du LIFO initiée en 2002 pour soutenir le développement de la filière STI axée vers la sécurité. Cette activité s'est développée initialement au sein de l'ancienne équipe Parallélisme Vérification et Sécurité. Le projet se déroule à Bourges avec une implication d'enseignants chercheurs de l'ENSI de Bourges et un lien étroit avec la filière d'enseignement spécialisée en sécurité informatique de cette école d'ingénieurs. Il comporte aussi un maître de conférences présent à Bourges à l'antenne de l'université d'Orléans. Différents liens sont tissés avec les autres projets du LIFO situés à Orléans tant sur les aspects vérification, que parallélisme, contrainte ou apprentissage. Par ailleurs, des liens existent avec des chercheurs du LVR. Il est basé sur des coopérations industrielles avec une participation à des projets nationaux et internationaux. Il bénéficie de co-financements du CEA et de la région Centre, de financement du Conseil Général du Cher.

Responsable :

Christian Toinard ENSI de Bourges PR - septembre 2002

Permanents :

Anas Abou El Kalam, ENSI de Bourges MdC - septembre 2004

Patrice Clemente, ENSI de Bourges MdC - septembre 2003

Jean-François Lalande, ENSI de Bourges MdC - septembre 2005

David Teller, Université d'Orléans MdC - septembre 2006

Doctorants :

Mathieu Blanc, bourse Région Centre - CEA

Jérémy Briffaut, bourse Région Centre

Fabrice Gadaud, bourse Région Centre - CEA

Mohamed Gad El Rab, bourse ministère de la recherche égyptienne

Pierre-Alain Fayolle, bourse CG18 - japon

5.2 Positionnement scientifique

Le domaine de la sécurité des systèmes informatique est vaste. Il couvre des aspects cryptographie, réseau, système, base de données, organisationnels, etc. Le positionnement adopté est pour l'essentiel une approche systèmes répartis. Il consiste à compléter les approches systèmes telles que le Mandatory Access Control qui commence à se développer avec les noyaux Unix, tels que SE-Linux, ou dans les futurs systèmes d'exploitation de Microsoft, et sur le plan de la recherche internationale. L'approche

visée est de proposer des méthodes permettant d'administrer des systèmes répartis de confiance à très large échelle. L'avantage est de se concentrer sur les méthodes de répartition des politiques et de ne pas entrer dans les aspects développement système. En effet, si de nombreuses propositions existent pour obtenir des systèmes ou des infrastructures de confiance, très peu d'études couvrent les aspects de répartition des politiques systèmes et des moyens de garantir des propriétés de sécurité avancées pour ces systèmes telles que l'absence de flots interdits. Ainsi, pour le système SE-Linux développé par la NSA il n'existe aucun moyen d'administration répartie des politiques système. Par ailleurs, un article récent de Microsoft et Redhat cite l'absence d'approches permettant de garantir l'absence de flots illégaux sur des systèmes MAC tels que SE-Linux. Ainsi, si de nombreuses solutions existent pour gérer des organisations réparties, et issues du monde des bases de données, il n'existe quasiment pas d'approche permettant des administrations systèmes réparties tout en garantissant des propriétés de sécurité, de performances, de tolérance aux pannes et aux intrusions.

Par ailleurs, des coopérations avec d'autres projets du LIFO sont développées à la marge du thème principal. Notamment, nous étudions l'utilisation de techniques d'apprentissage pour l'authentification biométrique.

5.3 Résultats

Un premier travail a été mené en coopération avec le CEA. Il fait l'objet de la thèse de Mathieu Blanc qui est co-financée par le CEA et la région Centre. Dans le cadre de cette thèse, une méthode innovante appelée méta-politique a été définie. Elle offre un niveau d'administration incluant des contraintes d'évolution pour les politiques des noeuds. Les politiques des noeuds peuvent ainsi être mises à jour indépendamment tout en garantissant des propriétés globales de sécurité sur tout le système réparti. La solution offre un niveau très élevé de tolérance aux pannes puisqu'aucune communication n'est nécessaire pour le noeud faisant évoluer sa politique locale. Par ailleurs, la solution fonctionne sur des systèmes hétérogènes notamment des systèmes MAC mais aussi des systèmes DAC (Discretionary Access Control) traditionnels. Bien qu'étudiée dans le cadre de clusters de calcul, elle peut s'appliquer plus largement. Par exemple, elle permet l'administration des machines des usagers d'un fournisseur d'accès Internet. Dans le cas d'un cluster, si les performances ne permettent pas d'appliquer la politique sur un noyau MAC, la politique n'est pas projetée sur les systèmes cibles. Une méthode de détection d'intrusion définie dans la thèse de Jérémy Briffaut vient alors compléter la solution en détectant les violations de la politique locale.

La thèse de Jérémy Briffaut concerne des méthodes de détection d'intrusion orientée politique qui s'appliquent à des noyaux MAC mais aussi plus largement à des noyaux traditionnels limités au Discretionary Access Control. Elle offre une solution de détection multi-niveaux garantissant que les noeuds appliquent bien les contraintes d'évolution de la politique. Par ailleurs, elle définit une méthode originale qui garantit 1) qu'en absence d'application de la politique, les violations de celle-ci sont détectées (ce qui permet de traiter des problèmes de performances) et 2) que des flots d'informations interdits mais incontrôlables par la politique de protection sont bien détectés.

La thèse de Fabrice Gadaud, co-financée par le CEA, permet d'instrumenter un cluster de calcul pour analyser les traces réseau et système sans interférences sur les performances. Il s'agit d'une approche qui peut venir alimenter la solution définie par Jérémy Briffaut pour garantir des propriétés de sécurité.

La thèse de Mohamed Gad El Rab vise à permettre d'évaluer un IDS. Il propose une méthodologie générale. Par ailleurs, en lien avec les thèses de Mathieu Blanc et Jérémy Briffaut, nous proposons un moyen de tester les approches orientée politique au moyen d'infrastructures multi-agents.

Sur le thème de l'authentification biométrique, un premier travail a été réalisé dans le cadre du stage de Master Recherche d'Informatique de Baptiste Hémerly. Il propose une méthode d'apprentissage basée sur l'analyse de descripteurs géométriques invariants et sur l'utilisation des séparateurs à vaste marge.

5.4 Participation à des projets de recherche

Les sujets développés autour des systèmes de confiance répartis présentent des problèmes de vérification de propriétés de sécurité difficiles. En effet, les solutions proposées permettent des états des politiques réparties potentiellement infinis. Ces problèmes de vérification des propriétés de sécurité sont étudiés dans le cadre de l'ACI Sécurité SATIN par différents membres du projet SDS en lien avec le projet PRV du LIFO. Ce projet a permis d'impliquer le CEA afin d'alimenter le projet SATIN avec des problèmes issus du monde industriel sur le thème des politiques de protection système.

Par ailleurs, le thème de la détection des intrusions fait l'objet d'un projet conjoint avec Michel Cukier de l'Université du Maryland. Dans ce cadre, nous proposons d'étudier l'utilisation de méthodes d'apprentissage en lien avec l'équipe apprentissage du LIFO.

Une coopération a lieu avec Waleed Smari de l'Université de Dayton. Cette coopération fait l'objet d'une convention d'échange d'étudiants et de chercheurs entre l'ENSI de Bourges et l'université de Dayton.

5.5 Visibilité

Bien qu'il s'agisse d'un thème récent au LIFO puisque monté en 2002 lors de la création d'une filière d'ingénieurs en informatique à l'ENSI de Bourges, les approches proposées sont innovantes et donnent lieu à des aspects de vérification traités avec le projet PRV. Les premiers résultats obtenus sont encourageants avec de nombreuses publications dans des conférences nationales et internationales spécialisées autour de la sécurité.

Par ailleurs, le projet SDS est impliqué dans plusieurs conférences internationales, notamment avec l'organisation du workshop COLSEC dans la cadre de la conférence IEEE CTS 2006, d'une session spéciale dans cette même conférence, d'un workshop dans la conférence HPCS et du colloque CRISIS 05 à Bourges et auparavant l'organisation d'une session spéciale dans la conférence IEEE CTS 2005.

5.6 Perspectives

Les résultats autour des méta-politiques donnent lieu à de nombreuses possibilités de travaux complémentaires et d'usages. Tout d'abord, nous sommes en train d'étudier dans le cadre de partenariats industriels, l'usage et l'adaptation de ces techniques à des infrastructures réparties de commerce électronique. Nous envisageons ainsi d'étendre les solutions à des politiques pour des middlewares Java notamment. De plus, les techniques de détection des intrusions que nous proposons permettent de nombreuses applications à différents systèmes cibles. Il est possible notamment d'envisager d'instrumenter des plateformes embarquées en déportant la détection d'intrusion sur des systèmes externes. Par ailleurs, les travaux sur la protection des infrastructures de calcul intensif peut s'appliquer à d'autres environnements tels que les grilles de calcul ou les systèmes multi-agents. Les solutions définies nécessitent la mise en oeuvre de méthodes et outils permettant de vérifier les propriétés de sécurité et de les tester. Nous envisageons d'étendre les premiers résultats obtenus dans le cadre de l'ACI SATIN par des approches plus formelles permettant d'utiliser des systèmes de vérification logique. Sur ces différents aspects nous avons déposé différents projets ANR. Ces projets permettront d'étendre les solutions à d'autres environnements et à différentes approches de vérification ou d'apprentissage, ce qui devraient permettre de renforcer les liens avec les autres projets.

Enfin, le renforcement du projet avec des personnes, Jean-François Lalande et David Teller, ayant des compétences sur des aspects graphes, langages et preuves devrait permettre d'envisager des travaux plus fondamentaux et de renforcer l'activité de publications en revue.

6 Publications 2003-2006

6.1 Publications des doctorants ayant soutenu

Arsouze	[184, 185, 186, 223, 246, 183]
Cleuziou	[115, 54, 144, 53, 52, 143, 116, 142, 141, 117, 292, 197]
Dias	[116, 216, 208, 212, 207, 213, 209, 211, 215, 217, 214, 210, 203]
Dzeakou	[218, 219, 220]
Legtchenko	[16, 17, 124, 88, 86, 87, 123, 127, 126, 125, 153, 89, 85, 155, 154, 156, 91, 204, 250]
Lesaint	[163, 169, 164, 64, 146, 119, 55, 118, 13, 228, 227, 224, 253, 252]
Madougou	[77, 78, 130, 256]
Markey	[249, 247, 248, 258, 257]
Merlin	[131, 21, 262, 263, 261]
Salleb	[97, 23, 31, 98, 134, 28, 159, 30, 157, 171, 173, 161, 101, 279, 280, 255, 281, 282, 278]
Suchan	[269, 80]
Turmeaux	[134, 159, 30, 173, 161, 101, 265, 291, 290]
Vuotto	[22, 133, 277, 275, 276, 293]
Ziti	[177, 176, 175]

6.2 Revues internationales à comité de lecture

- [1] S. Anantharaman, P. Narendran, and M. Rusinowitch. Unification modulo ACUI plus Distributivity Axioms. *Journal of Automated Reasoning*, 33 :1–28, 2004.
- [2] S. Anantharaman, P. Narendran, and M. Rusinowitch. Closure properties and decision problems of dag automata. *Information Processing Letters*, 94 :231–240, 2005.
- [3] M. Bamha and M. Exbrayat. Pipelining a Skew-Insensitive Parallel Join Algorithm. *Parallel Processing Letters*, 13(3), 2003.
- [4] V. Bouchitté, D. Kratsch, H. Müller, and I. Todinca. On treewidth approximations. *Discrete Applied Mathematics*, 136(2-3) :183–196, 2004.
- [5] V. Bouchitté, D. Kratsch, H. Müller, and I. Todinca. On treewidth approximations. *Discrete Applied Mathematics*, 136(2-3) :183–196, 2004.
- [6] V. Bouchitté, F. Mazoit, and I. Todinca. Chordal embeddings of planar graphs. *Discrete Mathematics*, 273(1-3) :85–102, 2003. Special issue devoted to EuroComb’01.
- [7] V. Bouchitté and I. Todinca. Approximating the treewidth of AT-free graphs. *Discrete Applied Mathematics*, 131(1-5) :11–37, 2003. Special issue devoted to Journées de l’Informatique Messine (JIM’00).
- [8] A. Brandstädt, H. O. Le, and J.M Vanherpe. Structure and stability number of chair, co-p and gem-free graphs revisited. *Information Processing Letters*, 86 :161–167, 2003.
- [9] J. Chen and Z.-N. Cao. Model Checking Real-time Value-passing Systems. *Journal of Computer Science and Technology*, 19(4) :459–471, 2004.
- [10] A. Colmerauer and T.-B.-H. Dao. Expressiveness of full first-order constraints in the algebra of finite or infinite trees. *Journal of Constraints*, 8(3), 2003.
- [11] J. Durand-Lose. A Kleene theorem for piecewise constant signals automata. *Information Processing Letters*, 89(5) :237–245, 2004.
- [12] J. Durand-Lose. Abstract geometrical computation 1 : embedding black hole computations with rational numbers. *Fundamenta Informaticae*, 2006. à paraître.
- [13] Gérard Ferrand, Willy Lesaint, and Alexandre Tessier. Explanations and proof trees. *Computing and Informatics Journal*, 25(2-3) :1001–1021, 2006.

- [14] J.L. Fouquet and J.M. Vanherpe. On bipartite graphs with weak density of some subgraphs. *À paraître dans le numéro spécial de Discrete Mathematics consacré aux actes de 4th Cracow conference on Graph Theory CZORSZTYN '02*, 2003.
- [15] V. Giakoumakis and J.M. Vanherpe. Linear time recognition and optimization for weak-bisplit graphs, bi-cographs and bipartite P_6 -free graphs. *International Journal of Foundations of Computer Science*, 14(1) :107–136, 2003.
- [16] Arnaud Lallouet and Andreï Legtchenko. Partially defined constraints in constraint-based design. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 20(4), November 2006. to appear.
- [17] Arnaud Lallouet and Andreï Legtchenko. Building consistencies for partially defined constraints with decision trees and neural networks. *International Journal of Artificial Intelligence Tools*, 2007. to appear.
- [18] S. Limet and G. Salzer. Manipulating Tree Tuple Languages by Transforming Logic Programs. In Ingo Dahn and Laurent Vigneron, editors, *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, volume 86. Elsevier, 2003.
- [19] S. Limet and G. Salzer. Basic Rewriting via Logic Programming, with an Application to the Reachability Problem. *Journal of Automata, Languages and Combinatorics*, 2006. à paraître.
- [20] S. Limet and G. Salzer. Tree Tuple Languages from the Logic Programming Point of View. *Journal of Automated Reasoning*, 2006. à paraître.
- [21] A. Merlin and G. Hains. A Bulk Synchronous Process Algebra. *Computer languages, systems and structures, special issue on Semantics and cost models for high-level parallel programming*, 2006. à paraître.
- [22] P. Réty and J. Vuotto. Tree Automata for Rewrite Strategies. *Journal of Symbolic Computation*, 40(1) :749–794, 2004.
- [23] Ansaf Salleb and Christel Vrain. A contribution to the use of decision diagrams for loading and mining transaction databases. *Fundamenta Informaticae*, to appear :to appear, 2006. "Intelligent Information Systems", Special Issue Z.W. Ras, A. Dardzinska , (editors), IOS Press.
- [24] J.M. Vanherpe. Some optimization problems on weak-bisplit graphs. *Information processing letters*, 88 :305–310, 2003.
- [25] J.M. Vanherpe. Clique-width of partner limited graphs. *Discrete Mathematics*, 276(1-3) :363–374, 2004.

6.3 Revues nationales à comité de lecture

- [26] Abouelkalam, Anas, Gad El Rab, and Mohammed. Evaluation des systèmes de détection d'intrusions. *La Revue de l'Electricité et de l'Electronique*, 6/7, 2006.
- [27] J. Chen. Dense time representation and redundancy elimination (in Chinese). *Journal of Software*, 14(10) :1681–1691, 2003.
- [28] Béatrice Duval, Ansaf Salleb, and Christel Vrain. Méthodes et mesures d'intérêt pour l'extraction de règles d'exception. *Revue des Nouvelles Technologies de l'Information - Mesures de Qualité pour la Fouille de Données RNTI-E-1*, pages 119–140, 2004.
- [29] M. Exbrayat and L. Martin. Calcul et visualisation d'une distance inter enluminures à partir des couleurs. *Le Médiéviste et l'Ordinateur*, 2006.
- [30] Cyril Nortet, Ansaf Salleb, Teddy Turmeaux, and Christel Vrain. Le rôle de l'utilisateur dans un processus d'extraction de règles d'association. pages 397–401, 2005.

6.4 Livres et chapitres de livres

- [31] Béatrice Duval, Ansaf Salleb, and Christel Vrain. *On the Discovery of Exception Rules : A Survey*, page to appear. Springer in the Series Studies in Computational Intelligence, 2006.

6.5 Edition d'ouvrages et de numéros spéciaux de revues

- [32] S. Anantharaman. Special Issue. *Journal of Automata, Languages and Combinatorics*, 2006. sélection d'articles revus et étendus du workshop SASYFT 2004, à paraître.
- [33] J.A. Bondy, J. Fonlupt, J. C. Fournier, J.L. Fouquet, and J.L. Ramirez Alfonsin, editors. *Graph Theory in Paris : Proceedings of a Conference in Memory of Claude Berge*. Trends in mathematics. Birkhauser, 2006.
- [34] G. Hains and F. Loulergue. Special Issue on High-Level Parallel Programming and Applications. *Parallel Processing Letters*, 13(3), 2003. Selected extended and revised papers from the Second International Workshop on High-Level Parallel Programming and Applications (HLPP 2003).
- [35] F. Loulergue. Special Issue on Practical Aspects of High-Level Parallel Programming. *Scalable Computing : Practice and Experience*, 6(4), December 2005.
- [36] F. Loulergue. Special Issue on Practical Aspects of High-Level Parallel Programming. *Scalable Computing : Practice and Experience*, 7(3), September 2006.
- [37] F. Loulergue. Special Issue on Semantics and Cost Models for High-Level Parallel Programming. *Computer Languages Systems and Structures*, 2006. à paraître.

6.6 Conférences internationales avec actes et comité de lecture

- [38] Anas Abou El Kalam, Jérémy Briffaut, Christian Toinard, and Mathieu Blanc. Intrusion detection and security policy framework for distributed environments. In William McQuay and Waleed W. Smari, editors, *The 2005 International Symposium on Collaborative Technologies and Systems*. IEEE Computer Society, 2005.
- [39] J. Allard, V. Gouranton, L. Lecointre, S. Limet, E. Melin, B. Raffin, and S. Robert. FlowVR : a Middleware for Large Scale Virtual Reality Applications. In *Euro-Par 2004 Parallel Processing*, volume 3149 of LNCS, pages 497–505. Springer, 2004.
- [40] S. Anantharaman, J. Chen, and G. Hains. A Synchronous Process Calculus for Service Costs. In *SEFM'05, The 3rd IEEE Int. Conference on Software Engineering and Formal Methods*, pages 435–444, September 2005.
- [41] S. Anantharaman, P. Narendran, and M. Rusinowitch. AC(U)ID-Unification is NEXPTIME-Decidable. In B. Rovan, editor, *Proc. of the Int. Conf. MFCS 2003, Bratislava (Slovak Rep.)*, LNCS. Springer, 2003.
- [42] S. Anantharaman, P. Narendran, and M. Rusinowitch. Unification over ACUI plus Distributivity/Homomorphisms. In F. Baader, editor, *Proc. of the Int. Conf. on Automated Deduction, CADE-19*. Springer, 2003.
- [43] Mahery Andriambololona, Mathieu Blanc, Lionel Barthe, Bruno Doolaege, Michaël Hervieux, Khalid Kadri Hassani, Pascal Lefeuvre, Thomas Meurisse, and Christian Toinard. Secure replication limiting passive and active attacks. In *The 2003 International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks*, Croatie Split, 2003.
- [44] S. Anantharaman B. Fila. Automata for Positive Core XPath Queries on Compressed Documents. In *LPAR'06, The 13th Int. Conf. on Logic for Programming, Artificial Intelligence and Reasoning*, November 2006.

- [45] M. Bamha. An optimal and skew-insensitive join and multi-join algorithm for distributed architectures. In *Proceedings of the International Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA'2005). 22-26 August, Copenhagen, Denmark*, volume 3588 of LNCS, pages 616–625. Springer, 2005.
- [46] M. Bamha and M. Exbrayat. Pipelined parallelism for multi-join queries on shared nothing machines. In *Proceedings of the international conference on Parallel Computing (ParCo 2003)*, Dresden, Germany, 02-05 September 2003.
- [47] M. Bamha and G. Hains. An Efficient Equi-semi-join Algorithm for Distributed Architectures. In *the International Conference on Computational Science (ICCS'2005). 22-25 May, Atlanta, USA*, volume 3515 of LNCS, pages 755–763. Springer, 2005.
- [48] Marco Benedetti, Arnaud Lallouet, and Jérémie Vautard. Qcsp made practical by virtue of restricted quantification. In Manuela Veloso, editor, *International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Hyderabad, India, January 6-12 2007. AAAI.
- [49] Mathieu Blanc. Trusted linux systems and application to cluster architecture. In Waleed W. Smari and William McQuay, editors, *Proceedings of the 2004 International Symposium on Collaborative Technologies and Systems (CTS 2004) The 2004 International Symposium on Collaborative Technologies and Systems*, États-Unis d'Amérique San Diego, 2004. The Society for Modeling and Simulation International - SCS.
- [50] Mathieu Blanc, Jérémy Briffaut, Patrice Clemente, Mohammed Gad El Rab, and Christian Toinard. A collaborative approach for access control, intrusion detection and security testing. In Waleed W. Smari and William McQuay, editors, *The 2006 International Symposium on Collaborative Technologies and Systems, Special Session on Multi Agent Systems and Collaboration*. IEEE Computer Society, 2006.
- [51] Mathieu Blanc, Christian Toinard, Mahery Andriambololona, Lionel Barthe, Bruno Doolaeghe, Michaël Hervieux, Khalid Kadri Hassani, Pascal Lefevre, and Thomas Meurisse. An adaptive secure multicast system supporting mobile working. In *Proceedings of the 9th International Conference on Distributed Multimedia Systems (DMS 2003) 9th International Conference on Distributed Multimedia Systems*, États-Unis d'Amérique Miami, 2003. Knowledge Systems Institute.
- [52] G. Cleuziou, L. Martin, V. Clavier, and C. Vrain. DDOC : Overlapping Clustering of Words for Document Classification. In LNCS, editor, *11th Symposium on String Processing and Information Retrieval*, pages 127–128, Padova, Italy, October 2004. Springer.
- [53] G. Cleuziou, L. Martin, and C. Vrain. PoBOC : an Overlapping Clustering Algorithm. Application to Rule-Based Classification and Textual Data. In R. López de Mántaras and L. Saitta, IOS Press, editor, *Proceedings of the 16th European Conference on Artificial Intelligence*, pages 440–444, Valencia, Spain, August 22-27 2004.
- [54] Guillaume Cleuziou, Sylvie Billot, Stanislas Lew, Lionel Martin, and Christel Vrain. A proximity measure and a clustering method for concept extraction in an ontology building perspective. In *ISMIS 06 The 16th International Symposium on Methodologies for Intelligent Systems, Bari*, Lecture Notes in Artificial Intelligence, page A paraître. Springer-Verlag, September 27-29 2006.
- [55] Romuald Debruyne, Gérard Ferrand, Narendra Jussien, Willy Lesaint, Samir Ouis, and Alexandre Tessier. Correctness of constraint retraction algorithms. In Ingrid Russell and Susan Haller, editors, *International FLAIRS Conference*, pages 172–176. AAAI Press, 2003. ISBN 1-57735-177-0.
- [56] K. Djelloul and T.-B.-H. Dao. Extension of first-order theories into trees. In *8th International Conference on Artificial Intelligence and Symbolic Computation (AISC2006)*, 2006.
- [57] K. Djelloul and T.-B.-H. Dao. Solving first-order constraints in the theory of finite or infinite trees. In *The 21st Annual ACM Symposium on Applied Computing (SAC2006)*. ACM Press, 2006.

- [58] J. Durand-Lose. Abstract geometrical computation for black hole computation (extended abstract). In M. Margenstern, editor, *Machines, Computations, and Universality (MCU '04)*, number 3354 in LNCS, pages 176–187, 2005.
- [59] J. Durand-Lose. Abstract geometrical computation : Turing-computing ability and undecidability. In Barry S. Cooper, Benedikt Löwe, and Leen Torenvliet, editors, *New Computational Paradigms, 1st Conference on Computability in Europe (CiE '04)*, number 3526 in LNCS, pages 106–116, 2005.
- [60] J. Durand-Lose. Forecasting black holes in abstract geometrical computation is highly unpredictable. In J.-Y. Cai, S.B. Cooper, and A. Li, editors, *Theory and Applications of Models of Computations (TAMC '06)*, number 3959 in LNCS, pages 644–653, 2006.
- [61] J. Durand-Lose. Reversible conservative rational abstract geometrical computation is turing-universal. In Arnold Beckmann and John V. Tucker, editors, *Logical Approaches to Computational Barriers, 2nd Conference on Computability in Europe (CiE '06)*, number 3988 in LNCS, pages 163–172, 2006.
- [62] P.-A. Fayolle, A. Pasko, N. Mirenkov, C. Rosenberger, and C. Toinard. Constructive tree recovery using genetic algorithms. In *International Conference on visualization, Imaging and Image processing (VIIP)*, 2006.
- [63] P.-A. Fayolle, S.Silva, G. Latinier, D. Saffrey, C. Rosenberger, and C. Toinard. Shape modeling with genetic programming. In *IEEE Virtual Reality International Conference*, 2006.
- [64] Gérard Ferrand, Willy Lesaint, and Alexandre Tessier. Explanations and proof trees. In Thomas R. Roth-Berghofer, Stefan Schulz, and Andrea Woody, editors, *International Symposium on Explanation-aware Computing*, pages 76–86. AAAI Press, 2005. ISBN 978-1-57735-250-1.
- [65] B. Fila and S. Anantharaman. Querying compressed documents with tree/dag automata. In *TFIT 2006, Third Taiwanese-French Conference on Information Technology*, March 2006.
- [66] F. Fomin, D. Kratsch, and I. Todinca. Exact (exponential) algorithms for treewidth and minimum fill-in. In *Proceedings 31st International Colloquium on Automatas, Languages and Programming (ICALP'04)*, volume 3142 of LNCS, pages 568–580. Springer, 2004. To appear.
- [67] F. Fomin, F. Mazoit, and I. Todinca. Computing branchwidth via efficient triangulations and blocks. In *Proceedings of the 31st Workshop on Graph-theoretic Concepts in Computer Science (WG 2005)*, volume 3787 of LNCS, pages 374–384. Springer, 2005.
- [68] F. Fomin, D. Thilikos, and I. Todinca. Connected graph searching in outerplanar graphs. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 22 :213–216, 2005. 7th International Colloquium on Graph Theory. Short communication.
- [69] Jean-Luc Fouquet and Jean-Marie Vanherpe. On $(P_5, \overline{P_5})$ -sparse graphs and other families : Extended abstract. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 17 :163–167, 2004.
- [70] J.L. Fouquet, M. Habib, F. de MontGolfier, and J.M. Vanherpe. bi-modular decomposition of bipartite graphs. In LNCS, editor, *Graph-Theoretic Concepts in Computer Science : 30th International Workshop, WG 2004*, volume 3353, pages 117–128, 2004.
- [71] J.L. Fouquet, H. Thuillier, J.M. Vanherpe, and A.P. Wojda. On isomorphic linear partitions in cubic graphs. In Marius Mezka, editor, *Fifth Cracow Conference on Graph Theory, USTRON '06*, volume 24, pages 277–284. Electronic Notes in Discrete Mathematics, 2006.
- [72] J.L. Fouquet and J.M. Vanherpe. On $(p_5, \overline{P_5})$ -graphs and other families. In L. Liberti and F. Maffioli, editors, *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, pages 142–146. CTW04 Workshop on Graphs and Combinatorial Optimization, May 31st to 2nd June 2004 2004. Villa Vigoni, Menaggio (CO), Italy.

- [73] Fabrice Gadaud. Nids architecture for clusters. In *Proceedings of the IEEE International Symposium of Collaborative Technologies and System*, Saint-Louis, Missouri, oct 2005.
- [74] Fabrice Gadaud, Mathieu Blanc, and Frédéric Combeau. An adaptative instrumented node for efficient anomalies and misuse detections in hpc environment. In *Proceedings of the Workshop Cluster-Sec, CCGRID05*, Cardiff, UK, oct 2005.
- [75] R. Gaugne, S. Jubertie, and S. Robert. Distributed multigrid algorithm for interactive scientific simulations on clusters. In *13th International Conference on Artificial Reality and Telexistence*, pages 230–235. The Virtual Society of Japan, 2003.
- [76] L. Gesbert, F. Gava, F. Loulergue, and F. Dabrowski. Bulk Synchronous Parallel ML with Exceptions. In Peter Kacsuk, Thomas Fahringer, and Zsolt Nemeth, editors, *Distributed and Parallel Systems (DAPSYS 2006)*, pages 33–42. Springer, 2006.
- [77] V. Gouranton, S. Limet, S. Madougou, and E. Melin. A Scalable Cluster-based Parallel Simplification Framework for Height Fields. *Eurographics Symposium on Parallel Graphics and Visualization, EGPGV'04*, pages 59–65, June 2004.
- [78] V. Gouranton, S. Madougou, E. Melin, and C. Nortet. Interactive Rendering of Massive Terrains Using PC Cluster. *EuroVis 2005 : Eurographics/IEEE-VGTC Symposium on Visualization*, June 2005.
- [79] M. Al Hajj Hassan and M. Bamha. Parallel processing of 'group-by join' queries on Shared Nothing machines. In *Proceedings of the International Conference on Software and Data Technologies (ICSOFT'06)*, volume 1, pages 301–307, Setubal, Portugal, September 2006. INSTICC press.
- [80] P. Heggernes, K. Suchan, I. Todinca, and Y. Villanger. Minimal interval completions. In *Proceedings of the 13th European Symposium on Algorithms (ESA 2005)*, volume 3669 of LNCS, pages 403–414. Springer, 2005.
- [81] B. Hemery, C. Rosenberger, C. Toinard, and B. Emile. Comparative study of invariant descriptors for face recognition. In *8th International IEEE Conference on Signal Processing (ICSP)*, 2006.
- [82] A. Abou El Kalam and Y. Deswarte. Multi-orbac : un modèle de contrôle d'accès pour les systèmes multi-organisationnels. In *Proceedings of the 3rd Security of Information Systems (SSI)*, pages 67–86, Seignosse, France, june 2006.
- [83] D. Kratsch, H. Müller, and I. Todinca. Feedback vertex set and longest induced path on at-free graphs. In *Proceedings 29th Workshop on Graph-theoretic Concepts in Computer Science (WG 2003)*, volume 2880 of LNCS, pages 309–321. Springer, 2003.
- [84] Arnaud Lallouet, Thi-Bich-Hanh Dao, and AbdelAli Ed-Dbali. Language, definition and optimal computation of CSP approximations. In Susan Haller and Ingrid Russell, editors, *Flairs'03, International Florida Artificial Intelligence Conference*, pages 182–186, St Augustine, FL, USA, 2003. AAAI Press.
- [85] Arnaud Lallouet, Thi-Bich-Hanh Dao, Andreï Legtchenko, and AbdelAli Ed-Dbali. Finite domain constraint solver learning. In Georg Gottlob, editor, *International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pages 1379–1380, Acapulco, Mexico, 2003. AAAI Press.
- [86] Arnaud Lallouet and Andreï Legtchenko. Consistency for partially defined constraints. In Andrew Lim, editor, *International Conference on Tools with Artificial Intelligence*, pages 118–127, Hong-Kong, China, November 14-16 2005. IEEE.
- [87] Arnaud Lallouet and Andreï Legtchenko. Two contributions of constraint programming to machine learning. In Rui Camacho and João Gama, editors, *European Conference on Machine Learning*, volume 3720 of LNCS, pages 617–624, Porto, October 3-7 2005. Springer.

- [88] Arnaud Lallouet and Andreï Legtchenko. From satisfiability to consistency through certificates. application to partially defined constraints. In Stefano Bistarelli, Eric Monfroy, and Barry O’Sullivan, editors, *Symposium on Applied Computing, Constraint Solving and Programming track*, Dijon, France, April 23-27 2006. ACM Press.
- [89] Arnaud Lallouet, Andreï Legtchenko, Thi-Bich-Hanh Dao, and AbdelAli Ed-Dbali. Intermediate (learned) consistencies. In Francesca Rossi, editor, *International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming*, volume 2833 of *LNCS*, pages 889–893, Kinsale, County Cork, Ireland, 2003. Springer.
- [90] Arnaud Lallouet and Jérémie Vautard. Auralization of a constraint solver. In Georg Essl and Ichiro Fujinaga, editors, *International Computer Music Conference*, New Orleans, LO, USA, November 6-11 2006.
- [91] Andreï Legtchenko, Arnaud Lallouet, and AbdelAli Ed-Dbali. Intermediate consistencies by delaying expensive propagators. In Valerie Barr and Zdravko Markov, editors, *Flairs’04, International Florida Artificial Intelligence Conference*, South Beach Miami, FL, USA, 2004. AAAI Press.
- [92] S. Limet and P. Pillot. Solving first order formulae of pseudo-regular theory. In *proc. of the 2nd International Colloquium of Theoretical Aspects of Computing (ICTAC05)*, volume 3722 of *LNCS*. Springer, 2005.
- [93] S. Limet and P. Pillot. Deciding Satisfiability of Positive Second Order Joinability Formulae. In *Proceedings of the 13th International Conference on Logic for Programming Artificial Intelligence and Reasoning (LPAR06)*, *LNCS*. Springer, 2006. à paraître.
- [94] S. Limet and G. Salzer. Proving Properties of Term Rewrite Systems via Logic Programs. In *proceedings of RTA 2004*, volume 3091 of *LNCS*, pages 170–184. Springer, 2004.
- [95] F. Loulergue, R. Benheddi, F. Gava, and D. Louis-Regis. Bulk Synchronous Parallel ML : Semantics and Implementation of the Parallel Juxtaposition. In *International Computer Science Symposium in Russia (CSR 2006)*, volume 3967 of *LNCS*, pages 475–486. Springer, 2006.
- [96] I. Rapaport, K. Suchan, and I. Todinca. Minimal proper interval completions. In *Proceedings 32nd Workshop on Graph-Theoretic Aspects in Computer Science (WG 2006)*, *LNCS*. Springer, 2006. To appear.
- [97] A. Salleb, C. Vrain, and C. Nortet. Quantminer : A genetic algorithm for mining quantitative association rules. In *to appear IJCAI 2007*.
- [98] Ansaf Salleb and Christel Vrain. Estimation of the density of datasets with decision diagrams. In Mohand-Said Hacid, Neil V. Murray, Zbigniew W. Ras, and Shusaku Tsumoto, editors, *Foundations of Intelligent Systems : 15th International Symposium, ISMIS 2005, Saratoga Springs, NY, USA*, *LNCS* 3488, pages 688–697. Springer, 2005.
- [99] K. Djelloul T.-B.-H. Dao. Solving first-order constraints in the theory of the evaluated trees. In *The 22nd International Conference on Logic Programming (ICLP2006)*, *LNCS* 4079, pages 423–424. Springer, 2006.
- [100] I. Todinca. Coloring powers of graphs of bounded clique-width. In *Proceedings of the 29th Workshop on Graph-theoretic Concepts in Computer Science (WG 2003)*, volume 2880 of *LNCS*, pages 370–382. Springer, 2003.
- [101] T. Turmeaux, A. Salleb, C. Vrain, and D. Cassard. Learning characteristic rules relying on quantified paths. In Lavrač N. et al., editor, *7th European Conference on Principles of Data Mining and Knowledge Discovery (PKDD)*, pages 471–482. Springer-Verlag, Lecture Notes in Computer Science, September 2003.

6.7 Workshops internationaux avec actes et comité de lecture

- [102] J. Allard, V. Gouranton, G. Lamarque, E. Melin, and B. Raffin. Softgenlock : Active stereo and genlock for pc cluster. In *Proceedings of the Joint IPT/EGVE'03 Workshop*, pages 255–260, Zurich, Switzerland, May 2003. Eurographics.
- [103] S. Anantharaman and G. Hains. A Synchronous Bisimulation-Based Approach for Information Flow Analysis. In *Third Workshop on Automated Verification of Critical Systems : (AVOCS'03)*, Southampton, (UK), April 2003.
- [104] S. Anantharaman and G. Hains. Information flow analysis via equational reasoning. In J. Levy, editor, *Proc. of the Workshop UNIF'03, Int. Conf. RDP'03, June 2003, Valencia, Spain*. Universidad Politecnica de Valencia, 2003.
- [105] S. Anantharaman, P. Narendran, and M. Rusinowitch. Tree vs Dag Automata. In *UNIF'05, The 19th Int. Workshop on Unification*, pages 93–104, April 2005.
- [106] Marco Benedetti, Arnaud Lallouet, and Jérémie Vautard. Reusing csp propagators for qcsp. In Francois Fages Francisco Azevedo, Pedro Barahona and Francesca Rossi, editors, *Joint Annual Workshop of the ERCIM Working Group on Constraints and the CoLogNET area on Constraint and Logic Programming*, Lisbon, Portugal, June 26-28 2006.
- [107] R. Benheddi and F. Loulergue. Minimally Synchronous Parallel ML with Parallel Composition. In *Seventh Symposium on Trends in Functional Programming (TFP 2006)*, pages 387–402. Nottingham, UK, 2006.
- [108] Blanc, Mathieu, Briffaut, Jérémy, Clemente, Patrice, Gad El Rab, Mohammed, Toinard, and Christian. A multi-agent and multi-level architecture to secure distributed systems. In *First International Workshop on Privacy and Security in Agent-based Collaborative Environments First International Workshop on Privacy and Security in Agent-based Collaborative Environments*, Japon Hakodate, 2006. The Fifth International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems.
- [109] Mathieu Blanc, Jérémy Briffaut, Jean-François Lalande, and Christian Toinard. Collaboration between mac policies and ids based on a meta-policy approach. In Waleed W. Smari and William McQuay, editors, *Workshop on Collaboration and Security 2006*, États-Unis d'Amérique Las Vegas, 2006. IEEE Computer Society.
- [110] Mathieu Blanc, Jérémy Briffaut, Jean-François Lalande, and Christian Toinard. Distributed control enabling consistent mac policies and ids based on a meta-policy approach. In *Proceedings of the Seventh IEEE International Workshop on Policies for Distributed Systems and Networks*, Canada University of Western Ontario, London, 2006. IEEE Computer Society.
- [111] Mathieu Blanc, Patrice Clemente, Pierre Courtieu, Stéphane Franche, Laurent Oudot, Christian Toinard, and Lionel Vessiller. Hardening large-scale networks security through a meta-policy framework. In Beata J Wysocki & Tadeusz A Wysocki, editor, *Proceedings of the 3rd Workshop on the Internet, Telecommunications and Signal Processing (WITSP'04)*. DSP for Communication Systems, 2004.
- [112] Mathieu Blanc, Pierre Courtieu, Gaetan Hains, Laurent Oudot, and Christian Toinard. A novel approach for distributed updates of mac policies using a meta-protection framework. In Université de Rennes, editor, *Supplementary Proceedings of the 15th IEEE International Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE 2004) Supplementary Proceedings of the 15th IEEE International Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE 2004)*, France Saint Malo, 2004. INRIA, Rennes, France.
- [113] J. Chen. A Timed Mobile Calculus. In Paul Pettersson and Wang Yi, editors, *Proceedings of the 16th Nordic Workshop on Programming Theory (NWPT'04)*, pages 65–67, Department of

- Information Technology, Uppsala University, Box 337, SE-751 05 Uppsala, Sweden, October 2004.
- [114] J. Chen. Some Results on Timed Process Algebra. In *Proceedings of International Workshop on Security Analysis of Systems : Formalism and Tools (SASYFT'2004)*, Orléans, June 2004.
 - [115] G. Cleuziou, L. Martin, and C. Vrain. Structuring natural language data by learning rewriting rules. In *16th International Conference on Inductive Logic Programming (ILP'06 - Short papers)*, Santiago de Compostela, Spain, January 6-12 2006. Springer-Verlag.
 - [116] G. Dias, C. Santos, and G. Cleuziou. Automatic Knowledge Representation using a Graph-based Algorithm for Language-Independent Lexical Chaining. In *Proceedings of the IEBD Workshop associated to the COLING/ACL Annual Conference (to appear)*, Sydney, Australia, 2006.
 - [117] N. Durand, G. Cleuziou, and A. Soulet. Discovery of overlapping clusters to detect atherosclerosis risk factors. In *proceedings of the PKDD Discovery Challenge 2004 (co-located with the 6th European Conference on Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases)*, Pisa, Italy, september 2004.
 - [118] Gérard Ferrand, Willy Lesaint, and Alexandre Tessier. Towards declarative diagnosis of constraint programs over finite domains. In Michiel Ronsse, editor, *International Workshop on Automated Debugging*, pages 159–170, 2003.
 - [119] Gérard Ferrand, Willy Lesaint, and Alexandre Tessier. Explanations to understand the trace of a finite domain constraint solver. In Susana Muñoz-Hernández, José Manuel Gómez-Pérez, and Petra Hofstedt, editors, *International Workshop on Logic Programming Environments*, pages 19–33, 2004.
 - [120] T.-B.-H. Dao K. Djelloul. Complete first-order axiomatization of finite or infinite m-extended trees. In *20th Workshop on Logic Programming (WLP2006)*. Vienna, Austria, 2006.
 - [121] Arnaud Lallouet. A note on bilattice and open constraint programming. In Francesca Rossi Boi Faltings, François Fages and Adrian Petcu, editors, *Joint Annual Workshop of the ERCIM Working Group on Constraints and the CoLogNET area on Constraint and Logic Programming*, Lausanne, Switzerland, 2004.
 - [122] Arnaud Lallouet. A note on bilattices and open constraint programming. In Francesca Rossi Boi Faltings, François Fages and Adrian Petcu, editors, *CSCLP'04 : Recent Advances in Constraints*, LNAI 3419, pages 12–25. Springer, 2005.
 - [123] Arnaud Lallouet and Andreï Legtchenko. Acquiring an incomplete specification as a partially defined constraint. In Laurent Granvilliers and Barry O'Sullivan, editors, *Workshop on Constraints and Design*, pages 1–16, Sitges, Spain, 2005.
 - [124] Arnaud Lallouet and Andreï Legtchenko. Extracting a consistency operator from a constraint satisfiability function and application to partially defined constraints. In Francois Fages Francisco Azevedo, Pedro Barahona and Francesca Rossi, editors, *Joint Annual Workshop of the ERCIM Working Group on Constraints and the CoLogNET area on Constraint and Logic Programming*, Lisbon, Portugal, June 26-28 2006.
 - [125] Arnaud Lallouet, Andreï Legtchenko, Thi-Bich-Hanh Dao, and AbdelAli Ed-Dbali. Learning approximate consistencies. In Krzysztof R. Apt, François Fages, Francesca Rossi, Péter Szeredi, and József Váncza, editors, *Joint Annual Workshop of the ERCIM Working Group on Constraints and the CoLogNET area on Constraint and Logic Programming*, pages 285–298, MTA SZTAKI, Budapest, Hungary, 2003.
 - [126] Arnaud Lallouet, Andreï Legtchenko, Thi-Bich-Hanh Dao, and AbdelAli Ed-Dbali. Learning approximate consistencies. In Krzysztof R. Apt, Francois Fages, Francesca Rossi, Péter Szeredi, and József Váncza, editors, *CSCLP'03 : Recent Advances in Constraints*, LNAI 3010, pages 87–106. Springer, 2004.

- [127] Arnaud Lallouet, Andreï Legtchenko, Eric Monfroy, and AbdelAli Ed-Dbali. Solver learning for predicting changes in dynamic constraint satisfaction problems. In Ken Brown Chris Beck and Gérard Verfaillie, editors, *Changes'04, International Workshop on Constraint Solving under Change and Uncertainty*, Toronto, CA, 2004.
- [128] S. Limet. Tree Tuple Languages as Logic Programs, and Applications. In *Proceedings of International Workshop on Security Analysis of Systems : Formalism and Tools (SASYFT'2004)*, Orléans, June 2004.
- [129] F. Loulergue. A Calculus of Functional BSP Programs with Projection. In *International Parallel & Distributed Processing Symposium, 8th Workshop on Advances in Parallel and Distributed Computational Models*. IEEE Computer Society Press, 2006.
- [130] S. Madougou and J. Vairon. Fast deployment of a commodity VR cluster. *VR-Cluster'03 Review*, 2003.
- [131] A. Merlin and G. Hains. A generic cost model for concurrent and data-parallel meta-computing. In *Fourth International Workshop on Automated Verification of Critical Systems (AVOCS'04)*, London, (UK), September 2004.
- [132] P. Réty, J. Chabin, and J. Chen. R-unification thanks to synchronized-contextfree tree languages. In *International Workshop on Unification (UNIF)*, April 2005.
- [133] P. Réty and J. Vuotto. Context-free tree languages for descendants. In *5th Workshop on Rule-Based Programming (RULE)*. Also published in *ENTCS vol 124(1)*, 2004.
- [134] Ansaf Salleb, Teddy Turmeaux, Christel Vrain, and Cyril Nortet. Mining quantitative association rules in a atherosclerosis dataset. In *Proceedings of the PKDD Discovery Challenge 2004 (co-located with the 6th European Conference on Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases)*, pages 98–103, Pisa, Italy, 2004.
- [135] K. Djelloul T.-B.-H. Dao. Solving first-order constraints in the theory of the evaluated trees. In *Annual ERCIM Workshop on Constraint Solving and Constraint Logic Programming (CSCLP2006)*. Portugal, 2006.

6.8 Manifestations nationales avec sélection et actes

- [136] Anas Abou El Kalam, Jérémy Briffaut, Christian Toinard, Mathieu Blanc, and Laurent Oudot. Mids : Multi level intrusion detection system. In Maryline Maknavicius Mohammed Achemlal, editor, *The 4th Conference on Security and Network Architectures*. France Telecom R&D and Institut National des Telecommunications, 2005.
- [137] R. Benheddi and F. Loulergue. Composition parallèle pour MSPML. In P.-E. Moreau and T. Hardin, editors, *Journées Francophones des Langages Applicatifs (JFLA)*, pages 101–116. INRIA, 2006.
- [138] Mathieu Blanc, Patrice Clemente, Pierre Courtieu, Stéphane Franche, Laurent Oudot, Christian Toinard, and Lionel Vessiller. Amélioration de la sécurité des grands réseaux par une infrastructure de méta-politique. In Richard Castanet, editor, *Actes du 11ème Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles (CFIP'2005)*. Lavoisier, 2005.
- [139] Mathieu Blanc, Pierre Courtieu, and Gaétan Hains. Mandatory access control on distributed systems : A metapolicy framework. In *Proceedings of the First Colloquium on Risk and Security of the Internet and Systems (CRiSIS 2005)*. Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Bourges, 2005.
- [140] Jérémy Briffaut. Meta-policy oriented intrusion detection. In *the Colloquium on Risk and Security of the Internet and Systems the Colloquium on Risk and Security of the Internet and Systems*, France Bourges, 2005. Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Bourges.

- [141] G. Cleuziou. Regroupements non-disjoints de mots pour la classification de documents. In *Première Conférence en Recherche d'Information et Applications CORIA'2004*, pages 41–56, toulouse, janvier 2004. IRIT.
- [142] G. Cleuziou. Classification avec recouvrement des classes : une extension des k-moyennes. In *23èmes rencontres de la Société Francophone de Classification*, Metz, septembre 2006.
- [143] G. Cleuziou, L. Martin, and C. Vrain. PoBOC : un algorithme de "soft-clustering". applications à l'apprentissage de règles et au traitement de données textuelles. In *Journées Francophones d'Extraction et de Gestion des Connaissances EGC'2004*, volume 1, pages 217–228. Revue des Nouvelles Technologies de l'Information, Cépaduès-Edition, janvier 2004.
- [144] Guillaume Cleuziou, Sylvie Billot, Stanislas Lew, Lionel Martin, and Christel Vrain. Une mesure de proximité et une méthode de regroupement pour l'aide à l'acquisition d'ontologies spécialisées. In Gilbert Ritschard and Chabane Djeraba, editors, *Extraction et gestion des connaissances (EGC'2006), Actes des sixièmes journées Extraction et Gestion des Connaissances*, pages 163–174, Lille, janvier 2006. RNTI-E-6, Revue des Nouvelles Technologies de l'Information, Cépaduès-Edition.
- [145] Gérard Ferrand and Arnaud Lallouet. Une représentation déclarative des consistances de csp. In Fred Mesnard, editor, *JFPLC'04, Journées francophones de Programmation en Logique et de Programmation par Contraintes*, pages 269–284, Angers, France, 2004. Hermes.
- [146] Gérard Ferrand, Willy Lesaint, and Alexandre Tessier. Explications pour comprendre la trace d'un solveur de contraintes sur domaines finis. In Fred Mesnard, editor, *Programmation en Logique avec Contraintes*, pages 37–53. Hermes, 2004. ISBN 2-7462-0937-3.
- [147] Mohammed Gad El Rab. Evaluating intrusion detection systems : Synthesis and perspectives. In *Proceeding du CRISIS, 1er Colloque sur les Risques et la Sécurité d'Internet et des Systèmes*, France Bourges, 2005. ENSI de Bourges et LIFO.
- [148] Mohammed Gad El Rab and Anas Abouelkalam. Une nouvelle méthodologie pour l'évaluation des systèmes de détection d'intrusions. In *Proceeding of 5th Conference on Security and Network Architectures (SAR 2006)*. IUT de Mont de Marsan, 2006.
- [149] L. Gesbert, L. Gava, F. Loulergue, and F. Dabrowski. Bulk Synchronous Parallel ML avec exceptions. In *Rencontres Francophones du Parallélisme (Renpar'17)*, 2006.
- [150] T.-B.-H. Dao K. Djelloul. Complétude des extensions en arbres des théories. In *Deuxièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC2006)*, 2006.
- [151] A. Abou El Kalam and M. Ouabiba. Une nouvelle approche pour la détection et la résolution de conflits de sécurité dans les systèmes multi-organisationnels. In *Premières Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC 05)*, June 2005.
- [152] Arnaud Lallouet, Thi-Bich-Hanh Dao, and AbdelAli Ed-Dbali. Langage, définition et calcul optimal d'approximations de csp. In Thomas Schiex, editor, *Journées Nationales sur la Résolution Pratique des Problèmes NP-complets*, pages 189–200, Amiens, France, 2003.
- [153] Arnaud Lallouet, Andreï Legtchenko, Thi-Bich-Hanh Dao, and AbdelAli Ed-Dbali. Apprentissage de solveurs de contraintes sur les domaines finis. In Mireille Ducassé, editor, *Journées Francophones de Programmation en Logique et par Contraintes*, RSTI, pages 125–138, Amiens, France, 2003. Hermès.
- [154] Andreï Legtchenko and Arnaud Lallouet. Acquisition de contraintes ouvertes et construction de solveurs. In Christine Solnon, editor, *Journées Francophones de Programmation par Contraintes*, pages 119–128, Lens, 2005.
- [155] Andreï Legtchenko and Arnaud Lallouet. Acquisition de contraintes ouvertes par apprentissage de solveurs. In François Denis, editor, *Conférence d'Apprentissage*, pages 185–200, Nice, 2005. AFIA, Presses Universitaires de Grenoble.

- [156] Andreï Legtchenko, Arnaud Lallouet, and AbdelAli Ed-Dbali. Retarder les propagateurs complexes pour calculer de nouvelles consistances. In Narendra Jussien, editor, *Journées Nationales sur la Résolution Pratique des Problèmes NP-complets*, pages 251–266, Angers, France, 2004.
- [157] Z. Maazouzi, A. Salleb, and C. Vrain. Boolloader : un chargeur efficace dédié aux bases denses. In *Journées Francophones d'Extraction et de Gestion des Connaissances EGC'2004*, pages 71–81. Revue des Nouvelles Technologies de l'Information, Cépaduès-Edition, 2004.
- [158] L. Martin and M. Exbrayat. Visualisation 3D de paramètres d'apprentissage et de distances. In *EGC 2006, Atelier Visualisation et Extraction des Connaissances*, 2006.
- [159] Cyril Nortet, Ansaf Salleb, Teddy Turmeaux, and Christel Vrain. Extraction de Règles d'Association Quantitatives - Application à des Données Médicales. In Nicole Vincent et Suzanne Pinson, editor, *5èmes journées d'Extraction et de Gestion de Connaissances EGC'2005*, RNTI - E3 - revue des nouvelles technologies de l'information, pages xxx–yyy. Cépaduès éditions, 2005.
- [160] K. Djelloul T.-B.-H. Dao. Résolution de contraintes du premier ordre dans la théorie des arbres évalués. In *Deuxièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC2006)*, 2006.
- [161] T. Turmeaux, D. Cassard, A. Salleb, and C. Vrain. Apprentissage de règles caractéristiques. In *Journées Francophones d'Extraction et de Gestion des Connaissances EGC'2003*, volume volume 17, pages 437–448, 2003.
- [162] Jérémie Vautard and Arnaud Lallouet. Visualisation musicale d'un csp. In Laurent Henocque, editor, *Journées Francophones de Programmation par Contraintes*, pages 415–424, Nimes, France, June 7-9 2006.

6.9 Autres

- [163] G. Ferrand, W. Lesaint, and A. Tessier. Explanations to understand the trace of a finite domain constraint solver. Réalisation d3.4.1, OADymPPaC RNTL Project, 2004.
- [164] Gérard Ferrand, Willy Lesaint, and Alexandre Tessier. Explanations and error diagnosis. Réalisation d3.2.2, OADymPPaC RNTL Project, 2003.
- [165] J.L. Fouquet, H. Thuillier, J.M. Vanherpe, and A.P. Wojda. On isomorphic linear partitions of cubic graphs. Technical report, LIFO, 2006.
- [166] J.L. Fouquet, H. Thuillier, J.M. Vanherpe, and A.P. Wojda. On odd and semi-odd linear partitions of cubic graphs. Technical report, LIFO, 2006.
- [167] J.L. Fouquet and J.M. Vanherpe. On parsimonious edge-colouring of graphs with maximum degree three. Technical report, LIFO, 2006.
- [168] G. Hains. Le futur de l'informatique et les limites du calcul. *Conférence Orléans-Débats au Museum d'Orléans*, mai 2005.
- [169] Willy Lesaint. *Explications de Retraits de Valeurs en Programmation par Contraintes et Application au Diagnostic Déclaratif*. PhD thesis, Université d'Orléans, 2003.
- [170] E. Melin. Réalité Virtuelle : Entre Matrix et dialogue Homme-Machine ? *Microscop, le journal du CNRS en délégation Centre-Poitou-Charentes*, 2004.
- [171] Ansaf Salleb and Christel Vrain. Can we load efficiently dense datasets ? Technical Report RR-2004-02, LIFO, Université d'Orléans, 2004.
- [172] The OADymPPaC consortium. Generic trace format for constraint programming - version 2.1. OADymPPaC RNTL Project, 2004.
- [173] Teddy Turmeaux, Ansaf Salleb, Christel Vrain, and Daniel Cassard. Learning characteristic rules relying on quantified paths. Technical Report RR-2003-03, LIFO, Université d'Orléans, 2003.

- [174] J.M. Vanherpe. Vers une décomposition modulaire des graphes bipartis. Technical report, LIFO, 2003.
- [175] J.M. Vanherpe and S. Ziti. A fully dynamic recognition algorithm for Weak-bisplit graphs, 2004. Submitted to *Discrete Applied Mathematics*.
- [176] J.M. Vanherpe and S. Ziti. Sur les graphes *star* – 123 clairsemés. 6èmes Journées “Graphes et Algorithmes”, Grenoble, 29 septembre - 1er octobre 2004, 2004.
- [177] S. Ziti. *Classes particulières de graphes, aspects structurels et algorithmiques*. PhD thesis, LIFO, Laboratoire d’Informatique Fondamentale d’Orléans, 2006.

7 Références complémentaires

- [178] Rakesh Agrawal and Ramakrishnan Srikant. Fast algorithms for mining association rules. In Jorge B. Bocca, Matthias Jarke, and Carlo Zaniolo, editors, *Proc. 20th Int. Conf. Very Large Data Bases, VLDB*, pages 487–499. Morgan Kaufmann, 12–15 1994.
- [179] G. Akerholt, K. Hammond, S. Peyton-Jones, and P. Trinder. Processing transactions on GRIP, a parallel graph reducer. In A. Bode, M. Reeve, and G. Wolf, editors, *PARLE’93, Parallel Architectures and Languages Europe*, number 694 in Lecture Notes in Computer Science, Munich, June 1993. Springer.
- [180] M.O. Albertson and R. Haas. Parsimonious edge colouring. *Discrete Mathematics*, 148 :1–7, 1996.
- [181] R.E.L. Aldred and N.C. Wormald. More on the linear k -arboricity of regular graphs. *Australas. J. Combin.*, 18 :97–104, 1998.
- [182] J. Allard, V. Gouranton, L. Lecointre, E. Melin, and B. Raffin. Net Juggler : running VR juggler with multiple displays on a commodity component cluster. *IEEE VR*, pages 275–276, 2002.
- [183] J. Arsouze. *Une formalisation de la résolution des problèmes de satisfaction de contraintes. Application à la vision grammaticale de CLP*. Thèse de Doctorat d’Université, Université d’Orléans, septembre 2004.
- [184] J. Arsouze, G. Ferrand, and A. Lallouet. A csp view of clp. In Irène Guessarian and Zoltan Esik, editors, *International Workshop on Fixed Points in Computer Science*, Paris, 2000. (Three pages abstract).
- [185] J. Arsouze, G. Ferrand, and A. Lallouet. Une sémantique co-inductive pour la propagation de contraintes et le labeling. In Touraivane, editor, *Journées francophones de programmation logique et par contraintes*, pages 17–32, Marseille, 2000. Hermès.
- [186] Julien Arsouze, Gérard Ferrand, and Arnaud Lallouet. Arbres d’itérations chaotiques pour décrire la résolution des csp. In Michel Rueher, editor, *Journées Francophones de Programmation en Logique et par Contraintes*, Nice, France, 2002. Hermès.
- [187] Arvind and R. Nikhil. I-structures : Data structures for parallel computing. *ACM Transactions on Programming Languages and Systems*, 11(4), 1989.
- [188] Yonatan Aumann and Yehuda Lindell. A statistical theory for quantitative association rules. In *Knowledge Discovery and Data Mining*, pages 261–270, 1999.
- [189] L. Babel and S. Olariu. On the isomorphism of graphs with few P_4 s. *Lecture notes in Computer Science*, 944, WG 95 :24–36, 1995.
- [190] Leo Bachmair, Harald Ganzinger, and Uwe Waldmann. Set constraints are the monadic class. In *Proceedings, Eighth Annual IEEE Symposium on Logic in Computer Science*, pages 75–83, Montreal, Canada, 1993. IEEE Computer Society Press.

- [191] Olivier Ballereau, Gaétan Hains, and Arnaud Lallouet. BSP Constraint Programming. *Advances in Computation : Theory and Practice*, 10 :95–111, 2002. Constr.
- [192] R. J. Bayardo. Efficiently mining long patterns from databases. In *Proc. 1998 ACM-SIGMOD Int. Conf. Management of Data*, pages 85–93, Seattle, Washington, June 1998.
- [193] D. Burdick, M. Calimlim, and J. Gehrke. Mafia : A maximal frequent itemset algorithm for transactional databases. In *Proceedings of the 17th International Conference on Data Engineering*, pages 443–452, Heidelberg, Germany, April 2001.
- [194] Witold Charatonik and Andreas Podelski. Set constraints with intersection. *Information and Computation*, 179(2) :213–229, 2002.
- [195] M. Chudnovsky, N. Robertson, P.D. Seymour, and R. Thomas. The strong perfect graph theorem. *Annals of Mathematics*, 2006.
- [196] V. Chvátal. On the P_4 -structure of perfect graphs III. partner decomposition. *Journal of Combinatorial Theory B*, 43 :349–353, 1987.
- [197] G. Cleuziou. *Une méthode de classification non-supervisée pour l'apprentissage de règles et la recherche d'information*. Thèse de Doctorat d'Université, Université d'Orléans, décembre 2004.
- [198] M. Cole. *Algorithmic Skeletons : Structured Management of Parallel Computation*. MIT Press, 1989. Available at homepages.inf.ed.ac.uk/mic/Pubs.
- [199] H. Comon, M. Dauchet, R. Gilleron, F. Jacquemard, D. Lugiez, S. Tison, and M. Tommasi. Tree Automata Techniques and Applications, 1997. <http://www.grappa.univ-lille3.fr/tata>.
- [200] D.G. Corneil, H. Lerchs, and L. Stewart Burlingham. Complement reducible graphs. *Discrete Applied Mathematics*, 3 :163–174, 1981.
- [201] B. Courcelle and M. Mosbah. Monadic second-order evaluations on tree-decomposable graphs. *Theoretical Computer Science*, 109 :49–82, 1993.
- [202] B. Courcelle and S. Olariu. Upper bounds to the clique-width of graphs. *Discrete Applied Mathematics*, 101 :77–114, 2000.
- [203] J. Ferreira da Silva, G. Dias, S. Guilloré, and J. G. Pereira Lopes. Using localmax algorithm for the extraction of contiguous and non-contiguous multiword lexical units. In P. Barahona and J. Alferes, editors, *Proceedings of 9th Portuguese Conference on Artificial Intelligence, EPIA'99*, number 1695 in Lecture Notes in Computer Science. Springer, September 1999.
- [204] Thi-Bich-Hanh Dao, Arnaud Lallouet, Andrei Legtchenko, and Lionel Martin. Indexical-based solver learning. In Pascal van Hentenryck, editor, *International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming*, volume 2470 of LNCS, pages 541–555, Ithaca, NY, USA, Sept. 7 - 13 2002. Springer.
- [205] L. Dehaspe and L. De Raedt. Mining association rules in multiple relations. In S. Džeroski and N. Lavrač, editors, *Proceedings of the 7th International Workshop on Inductive Logic Programming*, volume 1297, pages 125–132. Springer-Verlag, 1997.
- [206] P. Devienne, J.-M. Talbot, and S. Tison. Co-definite set constraints with membership expressions. In Joxan Jaffar, editor, *Proceedings of the 1998 Joint International Conference and Symposium on Logic Programming (JICSLP-98)*, pages 25–39, Cambridge, 1998. MIT Press.
- [207] G. Dias. Multiword lexical unit extraction. In *International Symposium on Machine Translation and Computer Language Information Processing (ISMT-CLIP)*, Beijing, China, June 1999.
- [208] G. Dias. *Extraction automatique d'associations lexicales à partir de corpora*. Thèse de Doctorat d'Université, Université d'Orléans, décembre 2002.

- [209] G. Dias, S. Guilloché, and J. G. Pereira Lopes. Multilingual aspects of multiword lexical units. In *Workshop on Language Technologies in the Framework of the 32rd Annual Meeting of the Societas Linguistica Europaea*, Ljubljana, Slovenia, July 1999.
- [210] G. Dias, S. Guilloché, and J. G. Pereira Lopes. Mutual expectation : A measure for multiword lexical unit extraction. In *Conference Venezia per il Trattamento Automatico delle lingue (VEXTAL)*, pages 133–138, Venezia, Italy, November 1999. Unipress. Poster Session.
- [211] G. Dias, S. Guilloché, and J. G. Pereira Lopes. Mutual expectation and localmax algorithm for multiword lexical unit extraction. In *Ninth Portuguese Conference on Artificial Intelligence*, Evora, Portugal, September 1999.
- [212] G. Dias, S. Guilloché, and J. G. Pereira Lopes. Normalization of association measures for multiword lexical unit extraction. In *International Conference on Artificial and Computational Intelligence for Decision, Control and Automation in Engineering and Industrial Applications (ACID-CA'2000)*, Monastir, Tunisia, 22-24 March 2000. accepted as full paper at the Corpora and NLP session.
- [213] G. Dias, S. Guilloché, and J. Gabriel Pereira Lopes. Extraction automatique d'associations textuelles à partir de corpora non traités. In M. Rajman and J.-C. Chapelier, editors, *JADT 2000 - 5èmes Journées Internationales d'Analyse Statistique de Données Textuelles*, volume 2, pages 213–220, Lausanne, 22-24 March 2000. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- [214] G. Dias, S. Guilloché, and J.G. Pereira Lopes. Language independant automatic acquisition of rigid multiword units from unrestricted text corpora. In *TALN, Cargès (Corsica) France*, July 1999. Poster session.
- [215] G. Dias, S. Guilloché, J.-C. Bassano, and J. Gabriel Pereira Lopes. Combining linguistics with statistics for multiword term extraction : A fruitful association ? In *RIAO 2000 - Recherche d'Informations Assistée par Ordinateur*, 2000.
- [216] G. Dias, S. Guilloché, J.-C. Bassano, and J. Gabriel Pereira Lopes. Extraction automatique d'unités lexicales complexes : Un enjeu fondamental pour la recherche documentaire. *Revue T.A.L. (Le traitement automatique des langues) – Traitement automatique des langues pour la recherche d'information*, 41(2), 2000.
- [217] G. Dias, S. Guilloché, and J. G. Pereira Lopes. Mining textual associations in text corpora. In *KDD-2000 Workshop on Text Mining - To be held at KDD-2000, Sixth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, Boston, MA, USA, August 2000.
- [218] P. Dzeakou Djoum. *Interface de Recherche Multicritère dans un Texte Collaboratif : Application à la Construction et à l'Utilisation Collaborative d'une Mémoire Documentaire Environnementale*. Thèse de Doctorat d'Université, Université d'Orléans, décembre 2002.
- [219] P. Dzeakou, J.-C. Bassano, and S. Guilloché. Une architecture de métadonnées et d'interface pour une bibliothèque socio-environnementale. In *CARI'2000 5th African Conference on Research in Computer Science*, Antananarivo (Madagascar), 2000.
- [220] P. Dzeakou, P. Morand, and C. Mullon. Méthodes et architectures des systèmes d'information sur l'environnement. In *Actes du 4ème colloque CARI'98, Colloque Africain sur la Recherche en Informatique*, Dakar, Sénégal, 1998.
- [221] Christian G. Fermüller, Alexander Leitsch, Ullrich Hustadt, and Tanel Tammet. Resolution decision procedures. In Alan Robinson and Andrei Voronkov, editors, *Handbook of Automated Reasoning*, volume II, chapter 25, pages 1791–1849. Elsevier, 2001.
- [222] Christian G. Fermüller and Gernot Salzer. Ordered Paramodulation and Resolution as Decision Procedure. In A. Voronkov, editor, *Proceedings of the 4th International Conference on Logic Programming and Automated Reasoning (LPAR'93)*, volume 698 of LNCS, pages 122–133. Springer, 1993.

- [223] G. Ferrand, A. Lallouet, and J. Arsouze. The constraint system of the grammatical view of (constraint) logic programming. In Moreno Falaschi, editor, *International Workshop on Functional and (Constraint) Logic Programming*, Grado, Italy, June 20-22 2002. University of Udine.
- [224] G. Ferrand, W. Lesaint, and A. Tessier. Value withdrawal explanation in CSP. In Mireille Ducassé, editor, *AADEBUG'2000 (Fourth International Workshop on Automated Debugging)*, pages 188–201, Munich, 2000.
- [225] Gérard Ferrand and Arnaud Lallouet. A logic program characterization of domain reduction approximations in finite domain cps. In Stuckey [286], pages 478–479.
- [226] Gérard Ferrand, Arnaud Lallouet, and Julien Arsouze. The constraint system of the grammatical view of (constraint) logic programming. In Moreno Falaschi, editor, *Workshop on Functional and Logic Programming*, Grado, Italy, 2002.
- [227] Gérard Ferrand, Willy Lesaint, and Alexandre Tessier. Theoretical foundations of value withdrawal explanations for domain reduction. In Moreno Falaschi, editor, *11th International Workshop on Functional and (Constraint) Logic Programming*, pages 211–224, 2002.
- [228] Gérard Ferrand, Willy Lesaint, and Alexandre Tessier. Theoretical foundations of value withdrawal explanations for domain reduction. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 76, 2002.
- [229] J.-C. Filliâtre. Verification of Non-Functional Programs using Interpretations in Type Theory. *Journal of Functional Programming*, 13(4), 2003.
- [230] C. Foisy and E. Chailloux. Caml Flight : a portable SPMD extension of ML for distributed memory multiprocessors. In A. W. Böhm and J. T. Feo, editors, *Workshop on High Performance Functionnal Computing*, Denver, Colorado, April 1995. Lawrence Livermore National Laboratory, USA.
- [231] J.L. Fouquet and J.M. Vanherpe. On $(P_5, \overline{P_5})$ -sparse graphs and other families. 3th Cologne Twente Workshop on Graphs and Combinatorial Optimization, Coma, Italy, 2004.
- [232] T. Fukuda, Y. Morimoto, S. Morishita, and T. Tokuyama. Data mining using two-dimensional optimized association rules : Scheme, algorithms and visualization. In *In Proc. of the ACM SIGMOD Int'l Conference on Management of Data*, pages 12–23, 1996.
- [233] T. Fukuda, Y. Morimoto, S. Morishita, and T. Tokuyama. Mining optimized association rules for numeric attributes. In *In Proceedings of the fteenth ACM SIGACTSIGMOD -SIGART symposium on Principles of database systems (PODS'96)*, pages 182–191. ACM Press, 1996.
- [234] J. Gallagher and G. Puebla. Abstract Interpretation over Non-Deterministic Finite Tree Automata for Set-Based Analysis of Logic Programs. In *Fourth International Symposium on Practical Aspects of Declarative Languages*, number 2257 in LNCS, pages 243–261. Springer, 2002.
- [235] V. Giakoumakis, F. Roussel, and H. Thuillier. On p4-tidy graphs. *Discrete Mathematics & Theoretical Computer Science*, 1(1) :17–41, 1997.
- [236] V. Giakoumakis and J.M. Vanherpe. On extended P_4 -reducible and extended P_4 -sparse graphs. *Theoretical Computer Science*, 180 :269–286, 1997.
- [237] R. Gilleron, S. Tison, and M. Tommasi. Solving systems of set constraints with negated subset relationships. In IEEE, editor, *Proceedings of the 34th Annual Symposium on Foundations of Computer Science*, pages 372–381. IEEE Computer Society Press, November 1993.
- [238] Rémi Gilleron, Sophie Tison, and Marc Tommasi. Set constraints and automata. *Information and Computation*, 149(1) :1–41, 1999.
- [239] J. Han, J. Pei, and Y. Yin. Mining frequent patterns without candidate generation. *Proc. of Int. Conf. on Management of Data*, pages 1–12, May 2000.

- [240] P. Heggernes, K. Suchan, I. Todinca, and Y. Villanger. Characterizing minimal interval completions : towards better understanding of profile and pathwidth. Technical Report RR-2006-09, LIFO - Université d'Orléans, 2006.
- [241] Nevin Heintze and Joxan Jaffar. A finite presentation theorem for approximating logic programs. In ACM, editor, *POPL '90. Proceedings of the seventeenth annual ACM symposium on Principles of programming languages, January 17–19, 1990, San Francisco, CA*, pages 197–209. ACM Press, 1990.
- [242] C.T. Hoàng. *Perfect Graphs*. PhD thesis, School of Computer Science, McGill University, Montreal, 1985.
- [243] Hugues Hoppe. Smooth view-dependent level-of-detail control and its application to terrain rendering. 31 :35–42, October 1998.
- [244] B. Jamison and S. Olariu. P_4 -Reducible graphs : A class of uniquely tree representable graphs. *Studies in Appl. Math.*, 81 :79–87, 1989.
- [245] B. Jamison and S. Olariu. A linear-time recognition algorithm for P_4 -Reducible graphs. *Theoretical Computer Science*, 145 :329–344, 1995.
- [246] A. Lallouet, G. Ferrand, and Julien Arsouze. Chaotic derivations : an operational semantics for complete constraint solving. In Slim Abdennadher and Thom Frühwirth, editors, *RCORP'01, post ICLP/CP'01 workshop on Rule-Based Constraint Reasoning and Programming*, Paphos, Cyprus, 2001.
- [247] F. Laroussinie, N. Markey, and Ph. Schnoebelen. On model checking durational Kripke structures (extended abstract). In *Proc. 5th Int. Conf. Foundations of Software Science and Computation Structures (FOSSACS'2002), Genova, Italy, Apr. 2002*, volume 2303 of *Lect. Notes in Comp. Sci.*, pages 264–279. Springer-Verlag, 2002.
- [248] F. Laroussinie, N. Markey, and Ph. Schnoebelen. Temporal logic with forgettable past. In *Proc. 17th IEEE Symp. Logic in Computer Science (LICS'2002), Copenhagen, Denmark*. IEEE Comp. Soc. Press, July 2002.
- [249] François Laroussinie, Nicolas Markey, and Philippe Schnoebelen. Model checking $\text{ctl}; \text{sup}_i; +/\text{sup}_i$ and fctl is hard. In *Proc. 4th Int. Conf. Foundations of Software Science and Computation Structures (FOSSACS'2001), Genova, Italy, Apr. 2001*, volume 2030 of *Lect. Notes in Comp. Sci.*, pages 318–331. Springer-Verlag, 2001.
- [250] A. Legtchenko. *Apprentissage de solveurs de contraintes sur les domaines finis*. Thèse de Doctorat d'Université, Université d'Orléans, septembre 2005.
- [251] Brian Lent, Arun N. Swami, and Jennifer Widom. Clustering Association Rules. In Alex Gray and Per-Åke Larson, editors, *Proceedings of the Thirteenth International Conference on Data Engineering, April 7-11, 1997 Birmingham U.K.*, pages 220–231. IEEE Computer Society, 1997.
- [252] W. Lesaint. *Explications de retraits de valeurs en programmation par contraintes et application au diagnostic déclaratif*. Thèse de Doctorat d'Université, Université d'Orléans, novembre 2003.
- [253] Willy Lesaint. Value withdrawal explanations : a theoretical tool for programming environments. In Alexandre Tessier, editor, *International Workshop on Logic Programming Environments*, pages 17–33, 2002. arXiv :cs.SE/0207050.
- [254] Peter Lindström and Cláudio T. Silva. A memory insensitive technique for large model simplification. In *VIS '01 : Proceedings of the conference on Visualization '01*, pages 121–126, Washington, DC, USA, 2001. IEEE Computer Society.
- [255] Andor Lips, Daniel Cassard, Vincent Bouchot, Mario Billa, Ansaf Salleb, Maria Gonzalez, Laurent Bougrain, Christel Vrain, Bruno Tourlière, Gilbert Stein, and Frédéric Alexandre. Quantitative assessments of a continent-scale metallogenic gis by data-driven and knowledge-driven

- approaches to construct decision-aid documents. In *International Conference : GIS in Geology*, Moscou, novembre 13-15 2002.
- [256] S. Madougou. *Intégration des modélisations 3D des sciences de la terre au sein d' environnements de réalité virtuelle à base de grappe de PC*. Thèse de Doctorat d'Université, Université d'Orléans, décembre 2005.
- [257] N. Markey. *Logiques temporelles pour la vérification : expressivité, complexité, algorithmes*. Thèse de Doctorat d'Université, Université d'Orléans, avril 2003.
- [258] Nicolas Markey. Past is for free : on the complexity of verifying linear temporal properties with past. In *Proc. 9th Int. Workshop on Expressiveness in Concurrency (EXPRESS'2002)*, Brno, Czech Republic, Aug. 2002, volume 68.2 of *entcs*. elsevier, 2002.
- [259] L. Martin and C. Vrain. Induction of constraint logic programs. In Setsuo Arikawa and Arin K. Sharma, editors, *7th International Workshop on Algorithmic Learning Theory (ALT'96)*, LNAI 1160, pages 169–177, Sydney, Australia, 1996. Springer Verlag.
- [260] L. Martin and C. Vrain. A three-valued framework for the induction of general logic programs. In Luc de Raedt, editor, *Advances in Inductive Logic Programming*, pages 219–235. IOS Press, 1996.
- [261] A. Merlin. *Modèles opérationnels communicants, performances et algèbres de chemins*. Thèse de Doctorat d'Université, Université d'Orléans, décembre 2004.
- [262] A. Merlin and G. Hains. La machine abstraite catégorique BSP. In L. Rideau, editor, *Journées Francophones des Langages Applicatifs (JFLA2002)*. INRIA, Janvier 2002.
- [263] A. Merlin, G. Hains, and F. Loulergue. An SPMD environment machine for functional BSP programs. In *SFP'2001 Scottish Functional Programming Workshop*, Stirling, August 2001. ISBN 2-7261-1197-1.
- [264] R. Milner, M. Tofte, and R. Harper. *The Definition of Standard ML*. MIT Press, 1990.
- [265] F. Moal, T. Turmeaux, and C. Vrain. Mining relational databases. In D.A. Zighed, J. Komorowski, and J. Zytkow, editors, *Proceedings of the 4th European Symposium on Principles of Data Mining and Knowledge Discovery*, volume 1910 of *LNAI*, pages 536–541, Berlin, sep 2000. Springer.
- [266] P. Panangaden and J. Reppy. The essence of concurrent ML. In F. Nielson, editor, *ML with Concurrency*, Monographs in Computer Science. Springer, 1996.
- [267] S. Pelagatti. *Structured Development of Parallel Programs*. Taylor & Francis, 1998.
- [268] M. Proietti and A. Pettorossi. Unfolding-Definition-Folding, in this Order, for Avoiding Unnecessary Variables in Logic Programs. *Theoretical Computer Science*, 142(1) :89–124, 1995.
- [269] I. Rapaport, K. Suchan, and I. Todinca. Minimal proper interval completions. In *Proceedings 32nd Workshop on Graph-Theoretic Aspects in Computer Science (WG 2006)*, Lectures Notes in Computer Science, 2006. To appear.
- [270] Rajeev Rastogi and Kyuseok Shim. Mining optimized support rules for numeric attributes. In *Proceedings of the 15th International Conference on Data Engineering, 23-26 March 1999, Sydney, Australia*, pages 206–215. IEEE Computer Society, 1999.
- [271] N. Robertson and P. Seymour. Graph minors. I. Excluding a forest. *Journal of Combinatorial Theory Series B*, 35 :39–61, 1983.
- [272] N. Robertson and P. Seymour. Graphs minors. II. Algorithmic aspects of tree-width. *J. of Algorithms*, 7 :309–322, 1986.
- [273] N. Robertson and P. Seymour. Graph minors X. Obstructions to tree decompositions. *Journal of Combinatorial Theory Series B*, 52 :153–190, 1991.

- [274] F. Roussel, I. Rusu, and H. Thuillier. On graphs with limited number of P_4 -partners. *International Journal of Foundations of Computer Science*, 10 :103–121, 1999.
- [275] P. Réty and J. Vuotto. Regular Sets of Descendants by Leftmost Strategy. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science (Extended and improved version of the proceedings of WRS'2002)*, 70(6), 2002.
- [276] P. Réty and J. Vuotto. Regular Sets of Descendants by Leftmost Strategy. In *Second International Workshop on Reduction Strategies in Rewriting and Programming (WRS), Copenhagen (Denmark)*, 2002.
- [277] P. Réty and J. Vuotto. Regular Sets of Descendants by some Rewrite Strategies. In *Proceedings of 13th International Conference on Rewriting Techniques and Applications (RTA), Copenhagen (Denmark)*, Lecture Notes in Computer Science. Springer, 2002.
- [278] A. Salleb. *Recherche de motifs fréquents pour l'extraction de règles d'association et de caractérisation*. Thèse de Doctorat d'Université, Université d'Orléans, décembre 2003.
- [279] A. Salleb and Z. Maazouzi. Approche booléenne pour l'extraction des itemsets fréquents maximaux. In PUG Presses Universitaires de Grenoble ISBN 2 7061 1092 9, editor, *Conférence d'Apprentissage CAP'2002*, pages 111–122, Orléans, Juin 2002.
- [280] A. Salleb, Z. Maazouzi, and C. Vrain. Mining maximal frequent itemsets by a boolean approach. In *Proceedings of the 15th European Conference on Artificial Intelligence ECAI*, pages 385–389, Lyon, France, 2002.
- [281] A. Salleb, Z. Maazouzi, and C. Vrain. Search space splitting for mining maximal frequent itemsets. In CSREA Press ISBN 1-892512-97-1, editor, *2002 International Conference on Information and Knowledge Engineering IKE'02, Las Vegas, Nevada, USA*, pages 482–488, June 2002.
- [282] A. Salleb and C. Vrain. An application of association rule discovery to geographic information systems. In *PKDD'2000, 4th European Conference on Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases*, pages 613–618, Lyon, France, September 2000. Springer-Verlag, Lecture Notes in Computer Science.
- [283] A. Savasere, E. Omiecinsky, and S. Navathe. An efficient algorithm for mining association rules in large databases. In *21st Int'l Conf. on Very Large Databases (VLDB)*, 1995.
- [284] P. Shenoy, J. Haritsa, S. Sudarshan, G. Bhalotia, M. Bawa, , and D. Shah. Turbo-charging vertical mining of large databases. In *Proc. of Int.. Conf. on Management of Data*, 2000.
- [285] Ramakrishnan Srikant and Rakesh Agrawal. Mining quantitative association rules in large relational tables. In H. V. Jagadish and Inderpal Singh Mumick, editors, *Proceedings of the 1996 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, pages 1–12, Montreal, Quebec, Canada, 4–6 1996.
- [286] Peter J. Stuckey, editor. *Logic Programming, 18th International Conference, ICLP 2002, Copenhagen, Denmark, July 29 - August 1, 2002, Proceedings*, volume 2401 of *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, 2002.
- [287] K. Suchan and I. Todinca. Minimal interval completions through graph exploration. Technical Report RR-2006-08, LIFO - Université d'Orléans, 2006.
- [288] K. Suchan and I. Todinca. Pathwidth of circular-arc graphs. Technical Report RR-2006-10, LIFO - Université d'Orléans, 2006.
- [289] P. W. Trinder, E. Barry, Jr., M. K. Davis, K. Hammond, S. B. Junaidu, U. Klusik, H-W. Loidl, and S. L. Peyton Jones. GPH : An Architecture-Independent Functional Language. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 1999.
- [290] T. Turmeaux. *Contraintes et fouille de données*. Thèse de Doctorat d'Université, Université d'Orléans, avril 2004.

- [291] T. Turmeaux and C. Vrain. Learning in constraint databases. In Setsuo Arikawa and Koichi Furukawa, editors, *Proceedings of the 2nd International Conference on Discovery Science (DS-99)*, volume 1721 of *LNAI*, pages 196–207, Berlin, dec 6–8 1999. Springer.
- [292] Lionel Martin Viviane Clavier, Guillaume Cleuziou. Organisation conceptuelle de mots pour la recherche d'information sur le web. In PUG Presses Universitaires de Grenoble ISBN 2 7061 1092 9, editor, *Conférence d'Apprentissage CAP'2002*, pages 111–122, Orléans, Juin 2002.
- [293] J. Vuotto. *Langages d'arbres réguliers et algébriques pour la réécriture et la vérification*. Thèse de Doctorat d'Université, Université d'Orléans, décembre 2004.
- [294] Ke Wang, Soon Hock William Tay, and Bing Liu. Interestingness-based interval merger for numeric association rules. In Rakesh Agrawal, Paul E. Stolorz, and Gregory Piatetsky-Shapiro, editors, *Proc. 4th Int. Conf. Knowledge Discovery and Data Mining, KDD*, pages 121–128. AAAI Press, 27–31 1998.
- [295] M. J. Zaki, S. Parthasarathy, M. Ogihara, and W. Li. New algorithms for fast discovery of association rules. In *3rd Intl. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining*, pages 283–296. AAAI Press, 1997.