
4

Activités relevant de l'axe thématique AIC

4.1 Présentation

Cette dernière décennie, des avancées spectaculaires ont été obtenues dans les domaines de recherche croisés que constituent la résolution de problèmes de satisfaction de contraintes à domaines discrets (CSP), la satisfaisabilité propositionnelle (SAT), la représentation et le raisonnement sur le temps et l'espace et les extensions de ces différents problèmes. La taille des instances de ces problèmes combinatoires qui sont à présent résolues a souvent crû de plusieurs ordres de grandeur tandis que leurs champs d'application se sont multipliés.

L'activité de l'axe thématique « Algorithmes pour l'Inférences et Contraintes » (AIC) du CRIL relève de ces domaines de recherche connexes et de leur fertilisation croisée. Elle vise à améliorer les techniques au niveau conceptuel et à les implanter au sein de logiciels-solveurs innovants (le plus souvent, sous le format de logiciels libres).

Ces recherches sont conduites par un groupe à fort rayonnement international : au cours de la période écoulée, le CRIL a produit différents logiciels qui ont été primés lors des compétitions internationales de solveurs et a affiché une présence majeure notamment dans les congrès les plus sélectifs et les plus prestigieux du domaine.

La taille et la difficulté sans cesse croissantes des instances de ces problèmes combinatoires qui peuvent maintenant être résolues par les méthodes systématiques et heuristiques ouvrent de nouveaux horizons applicatifs. Ces méthodes permettent aujourd'hui de résoudre des instances difficiles qui peuvent parfois comprendre plusieurs centaines de milliers de variables et plusieurs millions de contraintes, exprimées dans des cadres de types booléen ou discret. Ce changement d'échelle rend possible la résolution d'un éventail toujours croissant d'applications qui va de questions d'ordonnancement, à des problèmes d'allocation de fréquences, en passant par la conception de circuits VLSI, par la vérification et la validation de bases de connaissances, par différentes questions de bio-informatique, de fouille de données, de démonstration automatique et d'implantation de raisonnements non monotones.

Au sein de l'axe AIC, le CRIL s'intéresse donc à principalement aux classes importantes de problèmes combinatoires que voici. SAT (une formule propositionnelle donnée sous forme normale conjonctive admet-elle une valuation qui la rende vraie ?). Les CSP discrets (un réseau de contraintes à domaines discrets donné possède-t-il une solution ?). Le formalisme qualitatif pour le temps et l'espace (un réseau de contraintes qualitatives (RCQ) est-il cohérent ?). Un RCQ permet de spécifier qualitativement des configurations d'entités temporelles ou spatiales en définissant les positions relatives possibles entre les différentes entités à l'aide de relations souvent complexes issues du formalisme considéré.

SAT et CSP sont deux problèmes de décision NP-complets. Dans le cas général, décider de la cohérence d'un réseau de contraintes qualitatives est aussi NP-complet. Il existe des réductions polynomiales entre ceux-ci. Les recherches conduites au CRIL se concentrent donc non seulement sur les questions algorithmiques et conceptuelles propres à chacun de ces domaines, mais se focalisent aussi sur leur fertilisation croisée.

La résolution de ces problèmes combinatoires constitue aussi un sujet d'études transverse à de nombreux domaines de l'informatique qui nous concernent donc au premier chef : théorie de la complexité, intelligence artificielle, démonstration automatique et recherche opérationnelle, principalement.

Du point de vue de la théorie de la complexité, les problèmes de décision ou d'optimisation associés sont typiquement intraitables. L'existence d'algorithmes déterministes de complexité

temporelle polynomiale est fort peu vraisemblable. Ce verrou majeur rend primordial le développement d'approches alternatives dont l'objectif est de permettre de pousser aussi loin que possible la classe des instances traitables « en pratique ». La résolution efficace d'applications réelles dépend fortement de ces développements.

Au sein de l'axe thématique AIC, le CRIL s'intéresse donc à différentes questions inter-corrélées qui vont du codage à la résolution en passant par l'extension de cadres existants et l'utilisation de techniques issues de SAT, CSP et RCQ pour résoudre des problèmes qui gravitent autour d'eux et qui permettent d'en élargir les champs d'application.

La suite de ce chapitre présente de manière succincte les principaux résultats obtenus au sein de l'axe thématique AIC pendant la période couvrant de janvier 2008 à juin 2013.

4.2 Résultats (1/1/2008-30/06/2013)

La présentation de nos résultats s'articule autour des problèmes de satisfaction de contraintes (CSP), de satisfiabilité propositionnelle (SAT), des réseaux de contraintes qualitatives (RCQ) et de questions connexes.

4.2.1 Problèmes de satisfaction de contraintes

Les recherches conduites dans ce cadre s'organisent autour de méthodes d'inférence (souvent sur la base de propriétés appelées « cohérences locales ») et de recherche de solutions par exploration complète ou incomplète d'un espace de recherche. Nous avons rédigé un ouvrage [32] et un article de synthèse [33] qui structurent et décrivent l'inventaire des techniques et algorithmes génériques pour la résolution de problèmes sous contraintes.

Cohérences locales et algorithmes de filtrage

Le mécanisme d'inférence utilisé au cœur des solveurs de contraintes, connu sous le terme de propagation de contraintes, est sans aucun doute à l'origine du succès de la programmation par contraintes. Il consiste le plus souvent à filtrer les domaines des variables en raisonnant contrainte par contrainte jusqu'à ce qu'un point fixe soit atteint. Le filtrage maximal obtenu de cette manière en raisonnant individuellement avec chaque contrainte correspond à une propriété appelée « cohérence d'arc généralisée » (GAC). Pour établir la GAC sur les contraintes tables (contraintes définies en extension par l'énumération des combinaisons autorisées), nous avons développé des algorithmes, reconnus état de l'art par la communauté, appelés STR2 [100, 15] et STR3 [101]. Ces algorithmes maintiennent dynamiquement les tables des contraintes, y compris pendant une recherche arborescente. Nous étudions actuellement quelques-unes de leurs variantes et extensions [102, 156]. Dans le même contexte, nous avons également proposé certaines techniques pour accélérer le processus de filtrage des contraintes binaires [20, 16], de nouveaux mécanismes de propagation [122, 9, 146], ou encore de nouvelles techniques de filtrage [49, 50].

Par ailleurs, il est possible de filtrer davantage que GAC en élargissant la portée du raisonnement. Par exemple, pour SAC (la « singleton cohérence d'arc ») qui est l'une des propriétés les plus prometteuses pour filtrer l'espace de recherche d'un réseau de contraintes, nous avons développé un algorithme original [1] permettant d'établir celle-ci à l'aide de « runs gloutons ». Cet algorithme est particulièrement adapté aux problèmes présentant une partie sous-contrainte de taille significative comme cela intervient dans les applications réelles. Une version limitée de SAC, appelée « shaving », dirigée par les contraintes a également été étu-

diée dans [56]. En utilisant les inférences naturelles de SAC, nous avons aussi montré [153, 76] qu'il était possible de définir une généralisation sémantique de la « voisinage substituabilité », propriété définie sur le concept syntaxique de supports de contraintes. En plus de l'intégration usuelle de la voisinage substituabilité en phase de pré-traitement, nous avons montré que notre généralisation pouvait être exploitée dynamiquement et efficacement pendant une recherche de nature arborescente par les solveurs de contraintes.

La résolution effective des instances difficiles de nombreux problèmes passe par des propriétés d'inférence plus agressives, ou orthogonales aux propriétés classiques. C'est la raison pour laquelle nous avons introduit et étudié de nombreuses propriétés originales : la cohérence duale [17], les cohérences basées sur les valeurs en échec [104, 167], les cohérences basées sur les décisions [74] et plus récemment la cohérence inverse globale [48]. Ces nouvelles cohérences ont été particulièrement bien accueillies par la communauté (par exemple, les contributions les présentant ont été distinguées et classées « runner-up as best paper », « distinguished paper » ou « shortlisted paper » dans la sélection des meilleurs papiers dans les conférences internationales où elles ont été soumises). Il est intéressant de noter que, sur des réseaux de contraintes binaires, la cohérence duale est équivalente à la cohérence de chemin et que l'algorithme sDC2 que nous avons développé est aujourd'hui le plus rapide pour établir la cohérence de chemin.

Pour terminer cette brève présentation, nous avons montré [71, 147] que différentes cohérences locales polynomiales pouvaient être utilisées afin de réduire la complexité du test de redondance. Celui-ci consiste à déterminer si une contrainte donnée est conséquence logique des autres contraintes d'un réseau donné. Le test de redondance d'une contrainte est connu pour être coNP-complet. La nouvelle technique que nous proposons permet de calculer des sous-ensembles irrédundants de réseaux de contraintes modulo une cohérence locale choisie. Notre approche permet de résoudre certaines instances dès la phase de pré-traitement.

Exploration de l'espace de recherche

Utilisées seules, le plus souvent, les techniques d'inférence ne permettent pas de résoudre les instances de problèmes courants. Aussi, il est nécessaire de mettre en place un mécanisme de parcours de l'espace de recherche afin de trouver une (les) solution(s) des problèmes à résoudre. La méthode de recherche arborescente en profondeur d'abord avec retours-arrière est une approche classique pour le cadre CSP. Pour ce type de recherche, il est connu que l'ordre dans lequel les variables sont assignées est primordial. L'heuristique générique de choix de variables *dom/wdeg* que nous avons proposée en 2004 figure toujours en tant qu'état de l'art en la matière. En complément de cette heuristique, nous avons introduit plus récemment une autre approche très simple à mettre en oeuvre, appelée raisonnement basé sur le dernier conflit [19], pour éviter un phénomène de « thrashing » (consistant ici essentiellement à parcourir sans cesse les mêmes sous-arbres). Cette approche a été testée avec succès non seulement sur des instances CSP mais également sur des instances WCSP. Elle est par exemple utilisée par défaut sur la plate-forme TOULBAR2 proposée par des collègues toulousains et barcelonais.

Par ailleurs, dans le but de réduire la taille de l'espace de recherche à parcourir, nous avons proposé une méthode automatique pour éliminer certaines symétries de variables [106, 169, 131, 34]. Cette méthode simple, de construction différente de celle proposée par Puget mais dont elle est inspirée, permet de poser des contraintes lexicographiques tout en préservant l'équi-satisfiabilité. Elle permet de résoudre efficacement des problèmes structurés tels que les problèmes d'allocation de fréquences radio. Une autre approche pour réduire l'espace de recherche est inspirée des tables de transposition utilisées dans le domaine de la planification.

Pour le cadre CSP, nous avons introduit des opérateurs originaux qui permettent l'identification et l'exploitation d'états (dits partiels) ne menant à aucune solution [170]. Ces états peuvent être réutilisés pendant la recherche, à la façon de « nogoods » généralisés. Nous avons également conduit une étude sur la complexité et la complétude de contraintes statiques pour casser certains types de symétrie [96] et sur les symétries existant sur ces contraintes [97].

Une alternative bien connue aux méthodes complètes de recherche arborescente sont les méthodes incomplètes de recherche locale. Nous avons proposé [79] une nouvelle forme de résolution hybride à base d'algorithmes de maintien de la cohérence d'arc, de cohérences locales généralisées et de recherche locale. Celle-ci est basée sur le concept de variables dites FAC (« Falsified in All Constraints ») pour les réseaux de contraintes. Le solveur FACSOLVER que nous avons développé se montre particulièrement efficace pour de nombreuses classes d'instances. Nous avons proposé dans [125] une structure de données originale performante pour la recherche locale. Certains de nos travaux s'appliquent au domaine de la planification [29].

Pour terminer, nous nous sommes intéressés à différentes extensions du problème de résolution de réseaux de contraintes. En particulier, nous avons étudié le problème de relaxation de contraintes dans des réseaux cohérents [80]. Nous avons proposé et expérimenté plusieurs algorithmes permettant d'ajouter de nouvelles solutions aux réseaux de contraintes sans que celles-ci soient bloquées par des contraintes préexistantes plus restrictives. Dans le même esprit, nous avons étudié le problème consistant à étendre un réseau de contraintes tout en conservant des ensembles de solutions partielles du réseau, et ce pour différentes interprétations possibles de ce problème [81].

4.2.2 Satisfiabilité propositionnelle

Nos recherches sur SAT vont de la simplification de formules à la résolution séquentielle et parallèle, en passant par l'amélioration du codage d'instances et de problèmes. Un article de présentation de certains de nos résultats et des travaux autour de l'analyse des conflits dans les solveurs SAT modernes a été présenté dans [5]. Un livre faisant le point sur les dernières avancées sur SAT a été également édité [40]. Plusieurs membres du laboratoire ont participé à l'écriture de chapitres de ce livre [30, 26, 31, 28, 222].

Simplification

La mise en œuvre de techniques de simplification ou de pré-traitements polynomiaux capables de réduire sensiblement la taille des instances SAT peut être vue d'une certaine manière comme un moyen permettant d'approcher la sous-formule qui serait véritablement représentative de la difficulté réelle de l'instance.

De nombreuses techniques de simplification ont été proposées dans la littérature. On peut citer par exemple la technique de simplification (SATELITE) proposée par Een et Biere en 2005 et intégrée dans la plupart des solveurs SAT modernes. Ce pré-traitement est basé sur une opération classique d'élimination de variables par résolution. L'efficacité de leur approche réside dans l'exploitation des dépendances fonctionnelles pour réduire le coût en temps et en espace. Une partie de nos travaux précédents sur la reconnaissance et l'exploitation de dépendances fonctionnelles (à la base du solveur LSAT) et sur l'élimination des clauses redondantes rentrent également dans ce cadre. Nos résultats montrent que face à des formules de grande taille codant des applications réelles -contenant diverses formes de structures- la mise en œuvre de techniques efficaces de simplification passe par la caractérisation de ces

différentes formes de structures et par leur exploitation.

Dans [108, 172], nous avons présenté une nouvelle technique de pré-traitement d'une formule booléenne mise sous forme normale conjonctive (CNF). À la différence de la plupart des approches actuelles, notre procédure vise à améliorer la capacité de propagation des clauses de la formule tout en produisant un nombre limité de clauses utiles. Plus précisément, un test incomplet de redondance est effectué sur chaque clause d'une formule. Celui-ci est basé sur la propagation unitaire et peut conduire soit à la production d'une sous-clause, soit à la génération d'une nouvelle clause, via les techniques d'analyse de conflits implémentées dans les solveurs SAT modernes. Cette nouvelle approche a permis d'améliorer sensiblement notre version du solveur SATELITE, à la fois en termes de réduction de la formule considérée, mais aussi en temps de résolution.

Dans [155], nous avons proposé des techniques capables de réduire en premier lieu la partie non traitable d'une formule CNF (n'appartenant pas à une classe polynomiale cible), en définissant des opérateurs de réduction efficaces. L'objectif étant de fournir une approche polynomiale permettant de plonger la formule dans un fragment traitable cible (par exemple Horn SAT).

Dans [171, 107], nous avons proposé un pré-traitement de la formule basé sur la redondance d'informations. Alors que la plupart des techniques de pré-traitement de formules CNF ajoutent ou suppriment des informations, nous avons proposé de détecter (de manière incomplète) des contraintes redondantes de la formule et d'en « avertir » le solveur. Celui-ci ne les supprime pas, mais les stocke avec les clauses apprises, les traitant ainsi comme des éléments non essentiels du problème à résoudre. Si ces clauses se révèlent utiles pour la propagation de variables, le solveur les conservera alors via ses propres heuristiques, alors qu'ils les effacera si ces clauses se montrent superflues lors de la recherche.

Amélioration des démonstrateurs CDCL

Nous avons conduit de nombreuses recherches autour des démonstrateurs CDCL (*Conflict Driven Clause Learning*) permettant de résoudre des instances du problème SAT. En particulier, citons des résultats sur l'optimalité du schéma d'analyse de conflits classique et sa généralisation [137, 57], ainsi que des résultats autour de la qualité des clauses apprises [59]. La mesure qui en découle permet de supprimer de manière particulièrement agressive les clauses qui semblent *mauvaises*. GLUCOSE, le démonstrateur qui en résulte a gagné au minimum un prix lors des quatre dernières compétitions SAT et fait aujourd'hui partie des démonstrateurs de l'état de l'art [119, 60]. D'autres travaux autour de GLUCOSE ont permis de proposer les premiers démonstrateurs basés sur la résolution étendue [63, 140], système de preuve prouvé plus efficace que la résolution classique, mais dont la mise en œuvre est extrêmement complexe.

L'obtention de résultats autour des démonstrateurs CDCL nécessite d'en comprendre les mécanismes internes. C'est par le biais d'études théoriques mais également d'expérimentations poussées que cela est possible [58, 144].

Les travaux autour de la gestion des clauses apprises ont donné lieu à une nouvelle stratégie permettant de geler, puis de réactiver, les clauses qui semblent inutiles ou utiles à un instant donné. Cette nouvelle stratégie nécessite une nouvelle mesure d'identification des bonnes clauses apprises. Les travaux résultants ont obtenu le prix de la meilleure contribution à la conférence SAT'2011 (la conférence internationale spécialisée de référence sur le problème SAT) [68].

Le travail proposé dans [159] s'inscrit dans le cadre de la gestion de la base des clauses

appprises dans les solveurs SAT modernes. Dans ce cadre, nous avons proposé une première contribution qui consiste à associer une activité aux clauses correspondant à leur capacité à couper plus haut dans l'arbre de recherche. Nous avons également défini et intégré différentes stratégies de réduction de la base des clauses appprises dans une approche parallèle de type portfolio.

Dans [84], nous avons étudié comment partitionner dynamiquement une formule CNF. Notre approche est basée sur le concept d'*autark* initialement introduit par Monien et Speckenmeyer et étudié récemment par Kullmann et Van Gelder. Intuitivement, un *autark* est une interprétation partielle satisfaisant certaines clauses sans toucher à d'autres. C'est une forme de partitionnement de la formule. Notre approche a pour but d'étendre dynamiquement l'interprétation partielle courante vers un *autark* en utilisant une règle d'inférence basée sur la propagation unitaire.

Dans [137, 57], nous avons montré que le schéma classique d'analyse de conflits, appelé « First UIP », est optimal en sauts et en nombre de niveaux de décisions différents intervenant dans une clause apprise (appelée LBD dans le solveur GLUCOSE). Comme différentes clauses peuvent être raisons de la propagation d'un même littéral unitaire, ce résultat d'optimalité concerne uniquement le graphe d'implication considéré. Pour aller plus loin, nous avons proposé une généralisation du schéma classique d'analyse de conflits basée sur une extension du graphe d'implications. En effet, classiquement les clauses encodées dans ce graphe correspondent aux clauses raisons de l'implication des littéraux unitaires. Notre extension introduit d'autres clauses raisons souvent ignorées par les solveurs de type CDCL, et appartenant à la partie satisfaite de la formule. L'un des points majeurs de ce nouveau schéma est sa capacité à améliorer la hauteur du saut arrière et à générer des clauses de plus petites tailles [137].

Un autre schéma d'apprentissage a été proposé dans [87, 135]. Ce nouveau schéma exploite des clauses particulières appelées clauses « bi-assertives » ayant la particularité d'être satisfaites et contenant deux littéraux du niveau actuel. L'analyse de ces clauses permet, sous conditions, de déduire de nouvelles clauses raisons permettant d'améliorer le niveau de propagation de certains littéraux. Un autre schéma améliorant les clauses raisons est proposé dans [12]. Il consiste à considérer les propagations au niveau du conflit et celles au moment du retour-arrière pour améliorer les niveaux de propagation de certains littéraux. L'intérêt de ce schéma est qu'on peut l'appliquer à chaque nœud de l'arbre de recherche même si un conflit n'est pas rencontré. Il peut être considéré comme un moyen d'apprendre des succès et pas uniquement des conflits.

Une nouvelle approche d'analyse de conflits est proposée dans [90]. Elle est basée sur un parcours séparé du graphe d'implications à partir de x et $\neg x$. Ce parcours permet de générer des clause bi-assertives, dont l'utilisation permet de compacter le graphe d'implications. Ces clauses sont généralement plus courtes et permettent de produire plus de propagations que les clauses bi-assertives classiques proposées par Pipatsrisawat et Darwiche en 2009.

Dans [4, 136], un nouveau cadre pour intégrer la subsumption (sous-sommation) dans les solveurs SAT modernes est proposé. Il s'agit de profiter du parcours du graphe d'implications lors de l'analyse de conflit pour subsumer les clauses encodées dans ce graphe. Deux approches ont été proposées dans ce cadre. La première est complète mais quadratique vis-à-vis du nombre de clauses encodées. La seconde partielle mais linéaire, détecte les clauses subsumées « à la volée » [54]. Les résultats expérimentaux montrent un réel intérêt de cette méthode principalement sur certaines classes d'instances de type « crafted » ou des instances fortement symétriques. Ce travail a obtenu le prix du meilleur article de la conférence internationale *IEEE ICTAI'2009*.

Dans [88, 161], nous proposons de simuler la résolution étendue en substituant dynami-

quement certains littéraux des clauses apprises. Ces littéraux correspondent aux littéraux des sorties des fonctions booléennes préalablement détectées à partir de la formule originale. Cette approche repose sur l'idée que les variables de sortie des fonctions booléennes sont des variables ajoutées lors de la phase de transformation de la formule booléenne vers la forme normale conjonctive (CNF). C'est une façon d'utiliser des lemmes au cours de la résolution. En effet, substituer les littéraux d'entrée de ces fonctions booléennes par leurs sorties, permet de mimer le fonctionnement de la résolution étendue, un système plus puissant que la résolution générale. Notre approche permet de contourner les deux problèmes majeurs liés à l'automatisation de ce système de preuve, à savoir quelles fonctions introduire et quand les utiliser.

Afin d'analyser et de mieux comprendre le comportement des prouveurs de type CDCL, nous présentons dans [14] un outil de visualisation et de contrôle du fonctionnement de notre plate-forme SAT4J.

Les solveurs SAT « incrémentaux » autorisent plusieurs appels successifs à l'oracle SAT en conservant les informations vitales pour le solveur (clauses apprises, heuristiques, etc.). Ils permettent également l'ajout et la suppression de clauses entre chaque appel. Nous nous sommes intéressés à l'amélioration des prouveurs SAT « incrémentaux » dans le cadre du calcul de MUS [141, 64] ou de l'optimisation booléenne [164]. Nous les avons également utilisés pour effectuer des requêtes sur des bases de connaissances sans avoir besoin d'une phase préalable de compilation [65, 141].

Nous avons proposé d'étendre la notion de graphe conflit, initialement utilisée dans les démonstrateurs CDCL, dans le cadre de la recherche locale. Les travaux résultants permettent aux solveurs de recherche locale de donner réponse dans le cas de problèmes insatisfiables [143, 120, 66]. A partir de ces premiers travaux, nous avons été en mesure de proposer une méthode de recherche hybride combinant CDCL et recherche locale [142, 67].

Finalement, en collaboration avec Pascal Fontaine de l'Université de Lorraine et David Déharbe de l'UFRN (Brésil), nous avons proposé un algorithme adapté aux solveurs SAT modernes (de type CDCL) pour extraire des impliquants premiers de formules booléennes ou pseudo-booléennes [52].

Codage

Le codage de problèmes en CNF est un paradigme de plus en plus utilisé car il permet d'allier la simplicité de la représentation et l'efficacité croissante des solveurs SAT. Il n'en demeure pas moins que ce codage présente certaines faiblesses : (1) certaines informations structurelles du problème original sont nivelées ou cachées dans la forme CNF, (2) la taille de la CNF obtenue peut être gigantesque pour certains problèmes. Comme l'efficacité des algorithmes de résolution dépend considérablement du codage choisi pour formuler un problème ou une contrainte en CNF, il est donc important d'identifier à chaque fois le codage le plus approprié.

Dans [8], nous avons proposé une nouvelle forme de représentation de formules CNF sous forme de graphes. Elle étend la représentation classique des formules 2-SAT (clauses binaires) au cas général. Chaque clause peut être vue comme une implication conditionnelle (*if* (C) *then* $x \rightarrow y$) et représentée par un arc de x à y étiqueté par un ensemble de littéraux C (condition). Nous avons montré que cette représentation est plus adaptée à l'identification de certaines propriétés structurelles. Par exemple l'union des labels associés aux arcs est un 2-SAT « strong backdoor ». Un chemin entre $\neg x$ et x et les conditions associées aux arcs du chemin peuvent être exploités pour déterminer les conditions d'implication du littéral x donné (ce qui pourrait se qualifier de « backbone » conditionnel). Nous avons également exploité cette

représentation pour générer des instances difficiles pour les solveurs SAT actuels. Un pré-traitement d'instances CNF basé sur cette représentation est également proposé. Il généralise de manière élégante l'hyper-résolution.

Une autre faiblesse de la représentation CNF et du cadre booléen en général concerne la difficulté à y manipuler des nombres. Ceci concerne particulièrement les contraintes contenant des arguments de comptage comme la contrainte de cardinalité et les contraintes pseudo-booléennes ou inéquations linéaires 0/1. Or, ce type de contraintes est rencontrée fréquemment dans les applications réelles (comme par exemple les problèmes d'affectation, de configuration, d'ordonnancement). Pour toutes ces raisons, de nombreux chercheurs ont proposé différents codages de la contrainte de cardinalité et des contraintes pseudo-booléennes en CNF. Dans [47], nous avons proposé le premier codage d'une contrainte pseudo-booléenne (PB) en SAT qui soit en même temps polynomial et permette à la propagation unitaire de maintenir l'arc consistance généralisée sur la contrainte initiale.

Notre regain d'intérêt plus récent pour ce type de contraintes est issu de nos travaux en fouille de données où la contrainte de fréquence est très présente. Cette dernière peut être exprimée par une contrainte de cardinalité. Afin d'améliorer nos modélisations, nous avons introduit un nouvel encodage de cette contrainte en SAT [92]. Il est à noter que notre encodage fait suite à la correction d'une erreur importante dans l'encodage de Hooker largement cité. Dans [92], nous avons proposé une nouvelle formulation en CNF de la contrainte de cardinalité $C = \sum_{i=1}^n x_i \geq b$ où $x_i \in \{0, 1\}$. Notre codage s'appuie sur le problème des pigeons (« Pigeon-Hole »). En effet, la contrainte C peut être vue comme le problème qui consiste à déterminer si on peut mettre b pigeons dans n pigeonniers. Pour obtenir un codage efficace, nous avons exploité les symétries pour réduire la taille du codage ($\mathcal{O}(n \times (n - b))$ variables et clauses) et garantir le maintien de l'arc consistance généralisée (GAC) par propagation unitaire. L'intérêt de ce codage est qu'il est généralisable au cas des inéquations linéaires générales et permet d'améliorer l'état de l'art.

Enfin, nous avons illustré comment un codage déclaratif sous forme de problèmes SAT permet de résoudre de manière élégante des problèmes de jeu complexes que l'on a par la même occasion démontrés comme étant NP-complets [78].

Résolution parallèle

Face à l'évolution des architectures des machines, qui dans les prochaines années contiendront des dizaines voir des centaines de cœurs de calcul, la mise au point de solveurs SAT parallèles supportant ce type d'architectures constitue une voie de recherche prometteuse pour la résolution d'instances SAT difficiles. Dans ce cadre et en collaboration avec l'équipe « Constraint Reasoning » de Microsoft Research Cambridge, nous avons mis au point un solveur SAT multicore appelé MANYSAT [3, 112]. Ce solveur a obtenu la première place dans sa catégorie lors de la SAT-RACE 2008. La mise en œuvre de MANYSAT exploite les principales faiblesses des solveurs SAT modernes : la sensibilité aux réglages des paramètres et le manque évident de robustesse. MANYSAT utilise un portfolio d'algorithmes séquentiels complémentaires obtenus en variant certains composants essentiels des solveurs SAT modernes comme l'analyse de conflits, les « restarts », les heuristiques de choix de variables ainsi que la polarité des littéraux. De plus, chaque solveur SAT ainsi obtenu (cœur de calcul) partage ses clauses avec les autres unités de calcul pour améliorer les performances globales du solveur SAT parallèle. Notre approche diffère des approches de type diviser pour régner très en vogue dans la littérature. MANYSAT est le premier solveur SAT parallèle de type portfolio et a dominé les compétitions internationales (solveurs SAT parallèles) pendant trois années consécutives.

L'efficacité remarquée de notre approche a contribué au regain d'intérêt pour la résolution de SAT en parallèle.

Confortés par ces résultats, nous avons ensuite proposé diverses améliorations. La première amélioration porte sur un contrôle dynamique de l'échange de clauses entre les différentes unités de calcul [53, 27]. Ce problème est crucial pour le passage à l'échelle des approches parallèles de type portfolio. En effet, dans la version de base de MANYSAT, l'échange est statique et est limité aux clauses de petites tailles. Or, sur de nombreux problèmes, la longueur des clauses apprises au cours de la résolution dépasse souvent le seuil statique fixé initialement. Ce qui a pour conséquence d'inhiber l'échange de clauses sur certaines classes d'instances souvent les plus difficiles. Dans [53, 27], nous avons proposé une politique dynamique visant à garantir un échange régulier, équilibré et de qualité entre les unités de calcul. Elle est basée sur l'approche AIMD (« additive increase multiplicatif decrease ») utilisée pour résoudre des problèmes de congestion dans les réseaux de télécommunication. En fixant un débit (nombre de clauses à recevoir / nombre de conflits générés), chaque algorithme de recherche augmente/diminue la taille maximale des clauses à échanger avec les autres de sorte à converger vers ce débit fixé. Notre politique d'échange tient également compte de la qualité des clauses échangées pour régler le débit entre les différentes unités de calcul. En effet, si deux solveurs évoluent sur des espaces de recherche orthogonaux, l'échange tend à être réduit, alors qu'il est augmenté dans le cas contraire. Dans [123], nous avons proposé une autre approche dynamique basée sur un algorithme de type « bandit manchot » pour contrôler la communication entre les différents cœurs de calcul. Cette approche permet de limiter le nombre de canaux de communication et propose une configuration d'échange (les cœurs impliqués dans l'échange) évolutive en fonction de la qualité des clauses apprises.

En outre, nous nous sommes basés sur les travaux effectués autour de MANYSAT pour développer un nouveau solveur parallèle de type portfolio appelé PENELOPE [62, 138] qui se distingue par une gestion fine et efficace de l'échange d'informations entre les différentes unités de calcul. En effet, des politiques d'import et d'export de nogoods basées sur l'heuristique LBD, qui a montré son efficacité dans le cadre séquentiel (GLUCOSE), permettent d'optimiser en pratique les échanges et d'accélérer la résolution. De surcroît, PENELOPE est capable de *geler* [68] les nogoods qu'il génère ou qu'il reçoit des autres cœurs. Geler le nogood est une technique permettant de l'extraire des structures de données du solveur sans l'effacer de la mémoire, dans le cas où celui-ci se révélerait utile plus tard dans la recherche. PENELOPE a obtenu la médaille d'argent lors du *SAT Challenge 2012* [61] (catégorie *Parallel Track : Application SAT + UNSAT*) et la médaille de bronze lors de la compétition *SAT'2013* (catégorie *Core Solvers, Parallel, Application SAT+UNSAT*).

Pour aller plus dans la conception des solveurs parallèles de type portfolio, dans [85, 86], nous avons étudié les deux concepts de diversification et d'intensification utilisés dans le cadre parallèle en se basant sur une architecture maître/esclave. Certaines unités désignées comme maîtres ont pour objectif de diversifier la recherche et disposent de leurs propres stratégies de recherche. D'autres, identifiées comme esclaves intensifient la recherche de leurs maîtres. Le maître transmet régulièrement des informations permettant de guider l'esclave dans sa phase d'intensification de la recherche. Cette nouvelle architecture des solveurs parallèles de type portfolio a montré son efficacité et a permis de résoudre des instances ouvertes. Cette approche d'intensification, a été également explorée dans le cadre séquentiel [89, 160]. À chaque redémarrage, le solveur branche en priorité sur l'ensemble conflits constitué des variables collectées durant les récentes analyses avec un ordre bien défini. Les expérimentations ont montré un gain sensible par rapport à une version classique.

Un des problèmes majeurs des solveurs SAT parallèles concerne le non-déterminisme. En

effet, plusieurs exécutions du même solveur peuvent conduire à des preuves d'insatisfaisabilité ou modèles différents dû principalement à l'échange de clauses. Dans [2, 134, 116], nous avons étudié cette question en proposant une approche parallèle déterministe. Elle consiste à forcer les différentes unités de calcul à se rendre à une barrière à intervalle régulier afin de procéder à l'échange de clauses. Une deuxième barrière est ajoutée pour assurer qu'aucun solveur ne puisse redémarrer la recherche tant que l'échange n'a pas été achevé. Malgré le coût de ces deux barrières, avec un nombre d'unités de calcul faible (≤ 4), cette version ne consomme que 10 % de temps supplémentaire et se montre compétitive par rapport à une version non déterministe.

Un autre solveur de type portfolio, PPFOLIO, de conception particulièrement simple, a été mis en œuvre. Il a pour but d'émuler le VBS (« Virtual Best Solveur »), c'est-à-dire à faire tourner en parallèle et sans communication les meilleurs solveurs SAT séquentiels ayant des aptitudes complémentaires. PPFOLIO est un outil système pour lancer des solveurs en parallèle. Il a aussi pour objectif de servir d'étalon pour l'évaluation d'autres systèmes parallèles. Il a obtenu de très bons résultats lors de la compétition internationale de solveurs SAT'2011 : 16 médailles (5 d'or, 5 d'argent et 6 de bronze) dans les différentes catégories de la compétition (Applications, Crafted et Random), aussi bien en séquentiel qu'en parallèle. Lors de la compétition 2012, la version parallèle de PPFOLIO s'est classée troisième de la compétition parallèle, avec des résultats proches du vainqueur qui est une variante de PPFOLIO soumise par une autre équipe.

L'approche portfolio ne constitue pas la seule possibilité pour la parallélisation du problème SAT. Sa mise en œuvre est difficile lorsqu'on utilise de très nombreux cœurs ou dans les environnements distribués. Pour pallier ce problème, nous travaillons actuellement sur un démonstrateur SAT de type *divide and conquer* permettant de séparer l'espace de recherche au moyen de sous-formules (et non pas simplement de clauses unitaires) [139].

4.2.3 Réseaux de contraintes qualitatives

Dans le cadre des réseaux de contraintes qualitatives (RCQ), deux problèmes fondamentaux se posent. Le premier, appelé problème de la cohérence, consiste à déterminer si un RCQ donné représente des informations cohérentes. Le second, appelé problème de l'étiquetage minimal, consiste à caractériser l'ensemble des relations de base d'un RCQ donné pouvant participer à un scénario cohérent. Les principaux résultats obtenus dans ce cadre ont porté sur l'amélioration des méthodes de résolution de ces deux problèmes qui sont NP-difficiles dans le cas général. Outre une étude du gel de contraintes [149], nous avons notamment proposé une famille de cohérences locales appelées \diamond_f cohérences [73]. Chacune de ces cohérences locales permet de définir des méthodes de filtrage au moins aussi fortes que la fermeture par faible composition, méthode habituellement utilisée pour résoudre un RCQ. Afin de réduire l'espace de recherche exploré par un algorithme de résolution, nous avons étudié et défini des algorithmes de résolution de RCQ basés sur l'utilisation conjointe de décompositions structurelles arborescentes et de découpage des contraintes qualitatives à l'aide de classes traitables possédant des propriétés particulières. Dans ce contexte, nous avons proposé dans [148, 70, 72] un algorithme permettant de résoudre le problème de la cohérence d'un RCQ tandis que dans [45, 46] nous nous sommes focalisés sur l'étude d'algorithmes résolvant le problème de l'étiquetage minimal. Pour ce dernier problème, nous avons également entrepris une étude de complexité ayant pour objectif la caractérisation de fragments polynomiaux [44]. Nous avons également étudié des traductions en problème SAT permettant de résoudre le problème de la cohérence des RCQ [151, 152]. L'une des originalités de ces traductions réside en l'utilisation de classes traitables, approche couramment utilisée dans le cadre de la résolution d'un RCQ

par recherche arborescente. Certaines de nos études ont également concerné des systèmes de contraintes hybrides incluant des contraintes numériques [150].

4.2.4 Travaux connexes

Optimisation de contraintes

De nombreux problèmes combinatoires réels nécessitent d'optimiser un (ou plusieurs) critères ou objectifs. Plusieurs extensions des cadres SAT et CSP permettent de traiter différents autres problèmes d'optimisation de ce type :

- MaxSAT / MaxCSP : trouver une affectation complète (c'est-à-dire de toutes les variables) qui maximise le nombre de clauses (contraintes) satisfaites ;
- VCSP / WCSP : trouver une affectation complète qui minimise le coût cumulé de contraintes non satisfaites ;
- PB : trouver une affectation complète satisfaisant un ensemble de contraintes pseudo-booléennes (contraintes linéaires sur des variables booléennes) et minimisant le coût d'une fonction d'objectif.

Pour le problème MaxCSP, nous avons proposé [7] le concept de clique représentant des incompatibilités entre les valeurs de deux variables et montré comment utiliser une formulation linéaire de ce type de cliques pour calculer des minorants. Par ailleurs, dans [69, 145], nous avons montré qu'à partir du concept de contraintes disjonctives inférées introduit par Freuder et Hubbe, il était possible d'exploiter les compteurs d'arc-incohérence, associés à chaque valeur d'un réseau de contraintes, de manière à éviter l'exploration de parties inutiles de l'espace de recherche. Sur cette base, on peut mettre en place une technique de décomposition qui peut être utilisée tout au long de la recherche de manière à réduire le problème courant en sous-problèmes plus simples. Nous avons montré l'intérêt pratique de notre approche par une expérimentation basée sur un algorithme classique de séparation et évaluation. Une extension au cadre WCSP de cette technique est présentée dans [121]. Pour le problème MaxSAT, nous avons également étudié dans quelle mesure les techniques calculatoires modernes pour ce problème peuvent se montrer au moins aussi compétitives que les algorithmes dédiés au diagnostic de pannes [75].

L'importance des contraintes souples n'est plus à démontrer. Les contraintes souples permettent d'exprimer des préférences ou des coûts, et de ce fait généralisent les contraintes classiques (dures). Dans le contexte du cadre WCSP, qui est l'un des plus utilisés pour exprimer des contraintes souples, nous nous sommes intéressés à la notion de substituabilité au voisinage [105, 168]. Cette propriété qui permet d'effectuer des coupures tout en préservant l'optimalité correspond à une forme de symétrie de valeurs. Nous avons montré qu'il était coNP-difficile de détecter cette propriété, mais qu'il était possible de l'exploiter en pratique de manière limitée à l'aide d'un algorithme de filtrage polynomial offrant de bons résultats pratiques. Nous avons également proposé le premier algorithme de filtrage pour les contraintes tables souples [103, 165]. Cet algorithme permet de filtrer les tables souples quel que soit le coût par défaut associé aux tuples implicites. Nous étudions actuellement la possibilité de renforcer le calcul de minorants par une méthode originale de transferts de coûts [154] ainsi que la possibilité de résoudre les réseaux de contraintes souples par une approche à base d'extraction de noyaux insatisfaisables minimaux [166].

Pour le cadre PB (contraintes pseudo-booléennes), nous avons étudié le problème de la gestion des dépendances entre logiciels dans deux cadres : celui d'ECLIPSE [128, 126, 127]

et celui des distributions Linux [113]. Ces problèmes NP-difficiles se modélisent sous forme de problèmes d'optimisation mono ou multi-objectif pseudo-bouéliens [163, 395]. Le résultat de ce travail est l'intégration de SAT4J [13] depuis juin 2008 dans la plate-forme ECLIPSE (projet p2) pour la gestion de ses greffons, et la mise à disposition de p2cudf (<http://wiki.eclipse.org/Equinox/p2/CUDFResolver>) pour la gestion des dépendances Linux. Le chapitre de livre [35] du « Handbook of Satisfiability » fait la synthèse de l'application aux contraintes pseudo-bouéliennes des techniques SAT utilisées dans les solveurs CDCL.

Dans [55, 117], nous avons étudié des problèmes de rangement avec des boîtes hétérogènes « Variable Sized Bin Packing Problem (VSBPP) », une généralisation du problème classique de Bin-Packing à une dimension (BPP), où un ensemble d'objets doivent être rangés dans un ensemble hétérogène de boîtes (bins) caractérisées par des volumes différents en assumant que le coût unitaire de chaque boîte n'augmente pas avec le volume des boîtes, c'est-à-dire la taille des boîtes et leurs coûts associés satisfont la contrainte de monotonie. L'objectif est de minimiser le coût total des boîtes nécessaires pour ranger l'ensemble des objets. Dans [118], nous avons également étudié une variante du problème, appelé VSBPPC, en intégrant un graphe de conflits exprimant les relations d'incompatibilité entre les objets : deux objets en conflit ne peuvent être rangés dans la même boîte. Dans ce cadre, nous avons proposé deux nouvelles bornes inférieures basées sur le concept de la résolution du modèle mathématique relaxé, où la relaxation des contraintes est appliquée uniquement sur un sous-ensemble d'objets. Ensuite, nous avons développé différentes heuristiques polynomiales exploitant le graphe de conflits par un calcul approché de la clique maximale. Enfin, nous avons étudié une application originale de l'utilisation de méta-heuristiques pour le problème de job-shop flexible multi-critère [173].

Dans [133], nous avons établi l'équivalence entre le concept de solution pour un CSP et la notion de Z-équilibre pour le jeu qui lui est associée. Nous avons également développé une procédure de recherche du Z-équilibre, en s'inspirant des algorithmes de résolution de CSP.

Formules bouéliennes quantifiées

Dans [25], nous avons présenté un nouveau cadre pour l'élimination des symétries dans les formules bouéliennes quantifiées (QBF). Notre cadre est basé sur une approche classique par ajout de contraintes, appelée « Symmetry Breaking Predicates (SBP) », largement utilisée pour éliminer les symétries dans les formules bouéliennes (SAT) et dans les réseaux de contraintes (CSP). Un des obstacles à l'extension de cette approche au cadre QBF réside dans la présence de variables quantifiées universellement. Ajouter de manière conjonctive le SBP à la formule bouélienne quantifiée peut conduire à rendre la formule non valide. Dans ce travail, une nouvelle approche pour éliminer les symétries dans les QBFs est proposée. Cette approche basée sur les modèles combine à la fois l'ajout de contraintes et de modèles prédéfinis contrairement aux approches classiques d'élimination de symétries. Une transformation de la formule obtenue sous forme clausale est présentée. Les résultats expérimentaux obtenus par notre approche comparés à ceux obtenus par les différents solveurs QBFs de l'état de l'art montrent l'efficacité de notre approche d'élimination des symétries.

Insatisfiabilité minimale

La résolution pratique des problèmes SAT et CSP ne cesse de progresser, permettant de résoudre en quelques secondes des problèmes que l'on pensait hors de portée il y a peu. Une

conséquence naturelle de ces progrès incessants est la modélisation de problèmes de taille de plus en plus importante. Or, quand des problèmes de grande taille censés comporter une solution sont prouvés incohérents, il peut être extrêmement difficile de déterminer la cause du problème, dans l'espoir de la réparer. En effet, toutes les contraintes d'un système ne sont pas nécessairement à l'origine de son incohérence, seules quelques-unes parmi elles peuvent être conflictuelles et rendre l'ensemble sans solution. Cependant, contrairement aux problèmes cohérents pour lesquels un modèle est généralement produit, une réponse négative au test de la cohérence d'une formule n'apporte que peu d'informations. Il semble intéressant de déterminer *pourquoi* un problème est sans solution ; précisément, dans ce cas, on cherche à effectuer l'extraction des plus petits ensembles de contraintes contradictoires appelés MUS ou MUC.

Dans cette optique, le CRIL a proposé un ensemble d'algorithmes dans différents formalismes : celui du problème du satisfaction de contraintes [10, 24, 157] et celui de la logique propositionnelle [11, 109, 23, 22, 98]. En outre, alors que la plupart des approches d'explication de l'incohérence retournent un ensemble de contraintes arbitraires, nous avons proposé une technique permettant de guider la recherche afin d'obtenir une explication spécifique, c'est-à-dire impliquant certaines contraintes définies par l'utilisateur [83, 158]. Dans [77], nous avons montré comment il est possible de se passer, sans perte d'efficacité, de la phase de pré-traitement généralement utilisée dans la recherche de MUC.

Dans [132], nous avons également étudié la complexité des problèmes de calcul des sous-formules minimalement incohérentes dans le cas de la logique temporelle linéaire. Pour terminer ce bref aperçu, des articles de synthèse sur les meilleures techniques pour l'extraction de tels ensembles incohérents ont également été publiés [82, 31].

Approches déclaratives pour la fouille de données

Ces travaux ont été effectués dans le cadre du projet ANR DAG « Approches déclaratives pour l'énumération de motifs intéressants » (programme ANR Défis). Ce projet a pour objet la fertilisation croisée entre quatre domaines de recherche, l'intelligence artificielle, l'algorithmique, la combinatoire et la fouille de données. Dans ce contexte, un des objectifs est de définir des langages déclaratifs de haut niveau (logiques ou algébriques) pour exprimer et représenter les problèmes d'énumération de motifs intéressants. Notre ambition est d'établir des liens entre la programmation par contraintes et la satisfiabilité propositionnelle, la fouille de données à base de contraintes et l'algorithmique sur les structures discrètes et d'opérer des fertilisations croisées entre ces sous-domaines de l'informatique. Dans ce cadre, différentes problématiques ont été abordées en fouille de données. Dans un premier temps, nous avons introduit des modélisations en SAT de nombreux problèmes d'extraction de motifs en fouille de séquences [115, 51]. Cela nous a permis d'exploiter l'efficacité des solveurs SAT modernes dans l'énumération de motifs. Dans [91], nous avons proposé un nouveau codage du problème de fouille de séquences d'items et nous l'avons étendu pour traiter le cas de séquences plus complexes comme les séquences d'itemsets. Ce travail met en avant la flexibilité de notre modèle et son aspect déclaratif.

En outre, l'utilisation du problème SAT nous a conduit à introduire certaines techniques d'amélioration de la résolution d'une manière directe en fouille de données comme, entre autres, l'exploitation des symétries [94]. Plus particulièrement, pour la fouille d'itemsets, nous avons montré pour la première fois comment les symétries peuvent être exploitées pour d'une part réduire la taille de la sortie, mais, d'autre part, aussi pour couper l'espace de recherche dans les algorithmes de type « a priori ». C'est une nouvelle forme de représentation condensée. Ce travail ouvre des voies nouvelles pour l'utilisation des symétries en fouille de données.

La taille importante de la sortie étant un problème central en fouille de données, une autre solution à ce problème consiste à contrôler la sortie par l'intermédiaire de relations de préférence sur les motifs. Dans ce cadre, nous avons intégré cette solution à SAT par l'introduction d'un nouveau problème d'énumération de modèles, nommé Top-K SAT [93]. Nous avons ensuite proposé une réduction du problème de la recherche des Top-K en fouille d'itemsets au problème Top-K SAT.

Au delà du problème SAT, nous avons également utilisé des logiques modales dans la représentation et le traitement de connaissances dans certains problèmes de fouille de données, comme l'extraction des ensembles d'items fréquents dans une base de données de transactions [111]. En fournissant des réductions en SAT de ces logiques, nous avons ipso facto introduit une approche permettant d'automatiser le processus d'encodage de problèmes de fouille en SAT. Nous avons également présenté un travail transversal à la fouille de données, SAT et les bases de données pour une classe particulière de motifs [114]. Nos contributions sont les suivantes : nous avons permis l'utilisation d'une large partie du calcul relationnel de tuples (SQL) dans la spécification de requêtes. Nous avons également proposé un encodage SAT pour ces requêtes.

Nous avons expliqué ci-dessus que la programmation par contraintes, la satisfiabilité propositionnelle et la logique peuvent constituer des approches viables pour certains problèmes de fouille de données. Nous nous sommes posé la question de ce que la fouille de données peut apporter pour résoudre certains problèmes posés en CP/SAT. La première voie concerne l'utilisation de la fouille de données pour extraire des informations structurelles dans les formules booléenne CNF. Comme nous l'avons indiqué précédemment, le codage sous forme CNF peut dans certain cas donner lieu à des formules de tailles extrêmement importantes. Certaines instances dépassent la capacité de la mémoire disponible, et même dans le cas où l'instance peut être mémorisée, le temps de lecture peut se révéler aussi prohibitif. L'obstacle ici, n'est pas la difficulté éventuelle de l'instance, mais sa taille ! Ce problème de représentation constitue un défi majeur pour répondre à une utilisation de plus en plus croissante de SAT pour résoudre des applications réelles de très grande taille. Dans [95], nous avons étudié différentes possibilités d'application de techniques de fouille d'itemsets fréquents pour extraire des structures cachées dans les formules booléennes CNF. Ces structures sont ensuite exploitées pour réduire la taille des formules CNF. Cette approche est également étendue pour compresser des réseaux de contraintes CSP où les contraintes sont représentées en extension par des contraintes tables. Ces différents résultats ont fait l'objet de plusieurs tutoriels dont [174].

Personnalisation de visites de musée

Nous avons formalisé et étudié la complexité du problème de personnalisation de visites de musée et développé un solveur dédié pour la résolution de ce problème (PMV) [99]. Nous avons aussi développé un prototype à destination du grand public sous forme d'une application web, TECH-A-WAY. Il permet de personnaliser sa visite pour un musée de 1800 œuvres situées dans une seule salle comme la galerie du temps du Louvre à Lens. Ce logiciel est listé dans la rubrique « Production » au sein de l'axe thématique RCR. Il relève en fait des deux axes thématiques.

4.2.5 Plates-formes et outils logiciels

Les membres du CRIL ont une grande expérience dans le développement de logiciels à base de solveurs SAT et CSP. Ceci est reconnu par les résultats obtenus par certains de ces

logiciels conçus au CRIL aux différentes compétitions de solveurs ainsi que par la diffusion importante de certains autres. L'ensemble de ces logiciels est partie intégrante de nos résultats de recherche et leur réalisation un travail de recherche à part entière.

Ces logiciels sont listés plus loin dans le rapport au sein de la section « 5. Production » de l'axe thématique.

4.3 Distinctions

4.3.1 Logiciels distingués

- Le solveur GLUCOSE 2.1 développé par Gilles Audemard et un enseignant-chercheur extérieur au laboratoire fut classé premier de la catégorie « Applications » au *Challenge SAT'12*. GLUCOSE 2.0 fut classé premier de la catégorie « Applications - instances SAT+UNSAT », et second de la catégorie « Applications - instances UNSAT », à la compétition *SAT'11*. GLUCOSE 1.0 fut quant à lui classé premier de la catégorie « Applications - instances UNSAT » et second de la catégorie « Applications - instances SAT+UNSAT », à la compétition *SAT'09*.
- Le solveur PENELOPE [61] développé par Gilles Audemard, Benoît Hoessen, Saïd Jabbour, Jean-Marie Lagniez et Cédric Piette fut classé second de la catégorie « Applications - Solveurs parallèles », au *Challenge SAT'12*.
- Le système PPFOLIO, écrit par Olivier Roussel, a remporté 16 médailles (5 d'or, 5 d'argent et 6 de bronze) dans les différentes catégories, aussi bien en séquentiel qu'en parallèle, lors de la compétition *SAT'11*. PPFOLIO s'est ensuite classé troisième de la compétition *SAT'12*, catégorie « Solveurs parallèles », avec des résultats proches du vainqueur qui est une variante de PPFOLIO soumise par une autre équipe.
- Le prouveur MANYSAT de Saïd Jabbour, Lakhdar Saïs et d'un chercheur extérieur au laboratoire a obtenu les médailles d'argent et de bronze, catégorie « Solveurs parallèles », à la *SAT-Race'10*. Il fut classé meilleur solveur (prix spécial du jury), catégorie « Solveurs parallèles », à la compétition *SAT'09* et a obtenu la médaille d'or, catégorie « Solveurs parallèles », à la *SAT-Race'08*.
- Le solveur ABSCON [129, 130] développé par Christophe Lecoutre et Sébastien Tabary fut classé second dans la catégorie « Instances non binaires en extension », classé premier dans la catégorie « Instances binaires en intention », et classé troisième dans la catégorie « Instances binaires en extension », à la *compétition de solveurs (2009)* tenue en marge de *CP'09*.
- Le démonstrateur LYSAT développé par Saïd Jabbour, Lakhdar Saïs et un chercheur extérieur au CRIL a obtenu deux médailles de bronze, catégorie « Solveurs séquentiels », à la compétition *SAT'09*.
- PRESAT de Cédric Piette, Lakhdar Saïs et d'un chercheur externe au laboratoire fut le meilleur solveur (phase de qualification) et sixième lors de la phase finale, « Track séquentiel », de la *SAT-Race'08* organisée à Chine à Guangzhou.

4.3.2 Articles distingués

- L'article « On Freezing and Reactivating Learnt clauses » de Gilles Audemard, Jean-Marie Lagniez, Bertrand Mazure et de Lakhdar Saïs a obtenu le prix du meilleur article de la conférence *SAT'11*.
- L'article « Génération d'arguments et contre-arguments par calcul de MUS » d'Éric Grégoire, Cédric Piette, de Badran Raddaoui et d'un co-auteur externe au laboratoire a obtenu le prix du meilleur article à la conférence nationale *RJCIA'11*.
- L'article « A Class of df-consistencies for Qualitative Constraint Networks » de Jean-François Condotta et de Christophe Lecoutre a été pré-sélectionné pour le prix du meilleur papier à la conférence *KR'10* (211 papiers soumis, 4 papiers pré-sélectionnés).
- L'article « Failed Value Consistencies for Constraint Satisfaction » de Christophe Lecoutre et d'Olivier Roussel a été classé Runner-up as best paper à la conférence *CP'09* (1 best paper et 3 runners up as best paper sur 128 papiers soumis).
- L'article « Learning for Dynamic Subsumption » de Saïd Jabbour, de Lakhdar Saïs et d'un co-auteur externe au CRIL fut désigné meilleur article à la conférence *IEEE IC-TAI'09*.

4.4 Collaborations - Valorisation

4.4.1 Contrats industriels

Contrat avec l'entreprise SPI (1)

Étude et mise au point d'un outil de prise de décision interactif dédié aux prêts immobiliers. Contrat (9 mois : de mai 2011 à février 2012) soutenu par MITI, incubateur d'entreprises innovantes en Nord/Pas-de-Calais.

Responsable au CRIL : Christophe Lecoutre.

Participants au CRIL : Frederic Boussemart, Fred Hemery, Christophe Lecoutre, Olivier Roussel et Sébastien Tabary.

Contrat avec l'entreprise SPI (2)

Réalisation d'un logiciel permettant l'optimisation d'assemblages de prêts immobiliers. Contrat (10 mois : de novembre 2012 à octobre 2013) soutenu par OSEO et TONIC, incubateurs d'entreprises innovantes.

Responsable au CRIL : Olivier Roussel.

Participants au CRIL : Frédéric Boussemart, Fred Hemery, Christophe Lecoutre, Olivier Roussel et Sébastien Tabary.

Grants Microsoft

Deux « grants » ont été accordés par le groupe « Constraint Reasoning » de Microsoft Research Cambridge (UK) pour le développement de solveurs SAT séquentiels et parallèles.

- Solveurs SAT modernes (de septembre 2008 à septembre 2009)

— Solveurs SAT parallèles (de septembre 2009 à septembre 2010)

Une bourse de thèse (3 ans) a également été accordée dans ce cadre par Microsoft Research.
Responsable au CRIL : Lakhdar Saïs.

Participants au CRIL : Saïd Jabbour, Long Guo (doctorant) et Lakhdar Saïs

Projet industriel Pajero

Le projet Pajero regroupe des partenaires industriels (Horizontal Software, EQUITIME, CAPS) et académiques (CRIL, I3S, PRISM) et a pour objectif de mettre en œuvre une solution de gestion de ressources multiples capable de gérer des problèmes de grande taille en utilisant des techniques innovantes de programmation par contraintes et le parallélisme, en particulier dans le « cloud ». La responsabilité scientifique du projet incombe au CRIL. Ce projet d'une durée de 4 ans (2011-2015) est financé par OSEO dans le cadre du programme ISI (Innovation Stratégique Industrielle). L'enveloppe attribuée au laboratoire (plus de 800 keuros) a permis le recrutement de 3 doctorants, 1 ingénieur de recherche (3 ans) et 1 post-doctorant. Le groupe du laboratoire travaillant sur ce projet se compose de 13 personnes et développe deux pistes de recherche : l'intégration de différents paradigmes au sein d'un même solveur (contraintes dures, contraintes souples, optimisation, explications, etc.) ainsi que la parallélisation des algorithmes de recherche.

Responsable au CRIL : Christophe Lecoutre et Olivier Roussel.

Permanents impliqués : Gilles Audemard, Frédéric Boussebart, Fahima Alili-Cheikh, Éric Grégoire, Fred Hemery, Saïd Jabbour, Sylvain Lagrue, Christophe Lecoutre, Cédric Piette, Olivier Roussel et Sébastien Tabary

Doctorants : Nebras Gharbi, Benoit Hoessen et Nicolas Paris.

Ingénieur de recherche contractuel du projet : Vincent Perradin.

4.4.2 Actions au niveau de l'Université d'Artois

Cette rubrique reprend des éléments se rapportant aux deux axes thématiques du laboratoire. Elle est reprise également au sein de la description de l'axe RCR.

BQR 2012-2015

BQR (Bonus Qualité recherche). Renforcement de la coopération entre les laboratoires CRIL et LGI2A de l'Université d'Artois. Trois groupes de travail transversaux aux deux laboratoires et couvrant les deux axes participent à ce projet (décembre 2012 - janvier 2015). Deux autres BQR ont également regroupé des chercheurs du CRIL et du LGI2A (2010-2012 et 2007-2009). Le premier a eu pour objet la mise au point d'approches hybrides et coopératives pour la résolution de problèmes NP-difficiles, avec des applications à la logistique. Le second a porté sur la résolution parallèle multi-cœurs. Plus précisément, ce dernier BQR se décompose en trois champs d'action :

— Thème OPT : Techniques d'optimisation pour le problème de la fusion des réseaux de contraintes qualitatives, appliquées à la logistique en santé

- Responsable au CRIL : Jean-François Condotta.
Participants au CRIL : Jean-François Condotta.
- Thème VEH : Résistance et robustesse dans un réseau ad-hoc de véhicules communicants
Responsable au CRIL : Sylvain Lagrue.
Participants au CRIL : Sylvain Lagrue.
 - Thème ISO : Recherche d'isomorphisme de graphe
Responsable au CRIL : Gilles Audemard.
Participants au CRIL : Gilles Audemard, Christophe Lecoutre et Mouny Samy-Modeliar.

BQR 2011-2013

Projet RELM - Raisonnement Efficace en Logique Modale.
Responsables au CRIL : Saïd Jabbour et Tiago de Lima.
Participants au CRIL : Tiago de Lima, Saïd Jabbour, Bertrand Mazure et Pierre Marquis.

4.4.3 Actions au niveau régional

Cette rubrique reprend des éléments se rapportant aux deux axes thématiques du laboratoire.

Le CRIL participe à l'axe « Campus Intelligence » du CPER Nord/Pas-de-Calais, au travers d'un projet intitulé IA^2 (Intelligence Artificielle pour l'Intelligence Ambiante). Ce projet reprend l'ensemble des thématiques de recherche du laboratoire. Le responsable du projet IA^2 est Éric Grégoire. Les moyens obtenus sont, pour l'essentiel, un financement pour la jouvence de notre cluster de calcul, quelques contrats doctoraux ainsi que, certaines années, un support contractuel de type ingénieur de recherche ou post-doctorant.

4.4.4 Actions au niveau national

ANR BR4CP

« Business Recommendation for Configurable Products ». Projet impliquant les laboratoires : CRIL (Lens), IRIT (Toulouse), LIRMM (Montpellier) et les industriels Cameleon Software, IBM et Renault. L'objectif du projet est de proposer aux applications de configuration en ligne des modèles formels et des outils algorithmiques pour la prise en compte des préférences des clients et la mise en œuvre de recommandations sur des domaines structurés et fortement combinatoires. Période : 2012-2015.

Responsable au CRIL : Pierre Marquis.

Participants au CRIL : Sylvie Coste-Marquis, Fred Koriche, Daniel Le Berre, Christophe Lecoutre, Pierre Marquis et Cédric Piette.

Le projet BR4CP est aussi listé dans les activités de l'axe thématique RCR car il relève autant de celui-ci. Il est par ailleurs labellisé par le pôle de compétitivité « Industries du Commerce » (PICOM).

ANR UNLOC

« Méthodes de recherche locales pour l'insatisfaisabilité ». En partenariat avec les laboratoires MIS (Amiens), LRI (Paris Sud) et LSIS (Marseille), cette ANR a permis de proposer de nouvelles méthodes incomplètes pour l'insatisfaisabilité. De nombreux résultats ont été obtenus au cours de cette ANR : méthodes incomplètes, méthodes hybrides, résolution étendue ou encore certains résultats autour du démonstrateur GLUCOSE. Période : 2009-2011.

Responsable au CRIL : Gilles Audemard.

Participants au CRIL : Gilles Audemard, George Katsirelos (post-doctorant pendant 1 an), Jean-Marie Lagniez, Bertrand Mazure et Lakdhar Saïs.

ANR DAG

« Approches déclaratives pour l'énumération de motifs intéressants ». Ce projet a pour objet la fertilisation croisée entre quatre domaines de recherche : l'intelligence artificielle, l'algorithmique, la combinatoire et la fouille de données. Dans ce contexte, un des objectifs est de définir des langages déclaratifs de haut niveau (logiques ou algébriques) pour exprimer et représenter les problèmes d'énumération de motifs intéressants. Ce projet multi-disciplinaire regroupant le CRIL, le LIRIS et le LIMOS a permis l'émergence d'une nouvelle ouverture de recherche au CRIL autour de la fouille de données. De nombreux résultats ont été obtenus dans ce cadre (voir section 4.2). Période : 2009-2013.

Responsable au CRIL : Lakhdar Saïs.

Participants au CRIL : Saïd Jabbour, Lakhdar Saïs, Yakoub Salhi et Karim Tabia.

ANR TUPLES

« Polynomialité pour la compréhension et l'extension des limites des solveurs performants ». Les partenaires de ce projet sont l'IRIT, le LSIS, le GREYC et le CRIL. Le projet TUPLES est centré sur la résolution effective de problèmes NP-complets, en particulier relevant de l'intelligence artificielle. L'objectif principal est de repousser de façon significative les limites actuellement observées au niveau de l'efficacité des solveurs de problèmes combinatoires, tout en établissant en même temps un cadre théorique qui semble nécessaire pour atteindre cet objectif. Le projet TUPLES aborde cette question par le développement et l'exploitation de classes polynomiales ainsi qu'en les envisageant comme outils d'analyse pour expliquer l'efficacité relative des solveurs. Programme blanc 2010-2014.

Responsable au CRIL : Lakhar Saïs.

Participants au CRIL : Daniel Le Berre, Pierre Marquis, Bertrand Mazure et Lakhdar Saïs.

4.4.5 Chercheurs invités et invitations

Invités

De nombreux chercheurs de l'étranger ont été invités au CRIL pendant la période de référence. Pour les thématiques de l'axe AIC, on citera de manière non exhaustive :

- Mohammed Said Radjef, LAMOS, Université de Béjaia, Algérie, du 1 septembre 2010 au 31 août 2011
- Nacéra Benamrane, Université d'Oran USTO, Algérie, 2009 (1 mois)
- Saliha Belahcene, LAMOS, Université Mouloud Mammeri, Algérie, du 6 décembre 2009 au 26 décembre 2009
- Youcef Taleb, LAMOS, Université Mouloud Mammeri, Algérie, du 3 décembre 2009 au 2 janvier 2010 et du 5 décembre 2009 au 27 décembre 2009, et en décembre 2010
- Clémentin Tayou, Université de Dschang, Cameroun, d'avril à mai 2009
- Anbulagan, NICTA LTD, Canberra Research Laboratory, Australia, du 15 mai au 14 juillet 2008
- Youssef Hamadi, Microsoft Research Cambridge (UK), du 27 février au 1 mars 2008 et du 25 décembre au 31 décembre 2008
- Hachem Slimani, LAMOS, Université de Bejaia, Algérie, du 28 décembre 2007 au 27 janvier 2008 et du 27 décembre 2008 au 27 février 2009
- Pascal Fontaine, LORIA, une semaine en juin 2012.

Exposés invités - invitations

- Éric Grégoire fut panelist invité à une session plénière à la *24th Int. Conf. on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE'12)* pour y présenter l'exposé « Knowledge engineering, operational research and AI : the time to meet », San Francisco, 2012. Il a représenté le MESR en effectuant de nombreux exposés invités sur la formation doctorale, sur la réforme des masters, sur les licences, sur le paysage de la recherche en informatique en France, et sur d'autres questions liées à la formation et la recherche : par exemple, aux congrès de la CIRUISEF à Dakar (2009) et à Québec (2013), ainsi que, pour l'informatique, lors de différentes journées SPECIF. Il a aussi donné un exposé invité sur SAT et les opérateurs de préemption aux Secones Doctoriales *STIC'11* d'Écoles Doctorales algériennes à Tébessa en Algérie en 2011.
- Daniel Le Berre a été invité à donner les présentations suivantes : « SAT : assessing the progress », Département de la défense américain (DoD), Baltimore mars 2008 ; « Cours sur SAT » (6h) à la *Summer School Verification Technology, Systems & Applications*, INRIA Nancy et Max Planck Institute for Informatics Saarbrücken, Nancy, octobre 2009 ; « A brief introduction to practical SAT solving : What can I expect from SAT today ? » au *Workshop on SAT solving*, Tuebingen, Allemagne (février 2011) ; « Software dependency management : from p2 to p2cudf » au *Workshop on Logics for Component Configuration (LoCoCo)* en septembre 2011. Il a également donné un cours sur la gestion des dépendances logicielles à la première *SAT-SMT summer school* au MIT en juin 2011.

- Christophe Lecoutre et Olivier Roussel. Invitation à donner un tutoriel à la conférence internationale *ECAI'12 (European Conference on Artificial Intelligence)*.
- Christophe Lecoutre et Sébastien Tabary. Invitation pour un exposé lors du workshop *Nogood Learning and Constraint Programming*, satellite de la conférence CP'12.
- Christophe Lecoutre. Orateur invité pour l'école d'été internationale *ACP Summer School* tenue en 2010.
- Lakhdar Saïs. « Programmation par contraintes et satisfiabilité propositionnelle : application à la fouille de données », tutoriel au laboratoire LAROMAD, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 18 février 2013 ; « Symétries et recherche opérationnelle » : tutoriel au département de mathématiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 19 février 2013 ; « Approches déclaratives pour l'énumération de motifs intéressants » : tutoriel à *JFPC'12* (avec J.-M. Petit et L. Nourine), Toulouse, 23 mai 2012 ; « A SAT-Based Approach for Discovering Frequent, Closed and Maximal Patterns in a Sequence » : exposé invité à *International Workshop on Information Search, Integration and Personalization (ISIP'12)*, Meme Media Laboratory, Hokkaido University, Sapporo, Japon, 12 octobre, 2012 ; « Portfolio solvers » : exposé invité au *Oxford Configuration Workshop*, 12-13 janvier 2012 ; « Découverte de motifs : Enumération, Programmation par Contraintes/SAT et Bases de données » : tutoriel à *BDA'11* (avec J.-M. Petit), 24, octobre, Rabat, Maroc, 2011 ; « Fouille de données par la programmation par contraintes et la satisfiabilité propositionnelle » : plénière aux *Journées Scientifiques du Laboratoire de Recherche Opérationnelle et des Mathématiques de la Décision (JSLAROMAD'11)*, 28-30 novembre, Tizi-Ouzou ; « Structure-based simplification techniques of Boolean formulas » au *International Tractability workshop*, 5-6 juillet 2010, Microsoft Research, Cambridge, Grande-Bretagne ; « Beyond Classical Clause Learning » : *Dagstuhl Seminar on the next generations of SAT solvers*, novembre 2009, Allemagne ; « Des évolutions récentes dans la résolution du problème SAT ». Séminaire de cryptographie (co-organisé par la DGA et l'institut de mathématique de Rennes I), 6 février 2009 ; « SAT, CSP et PL : un survol des liens et des progrès récents ». Tutoriel donnée lors des *Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'08)*, Nantes, 4-6 juin 2008 (avec H. Bennaceur). Lakhdar Saïs participe à la formation doctorale des Universités de Béjaia (depuis 2011) et de Tizi-Ouzou (depuis 2012). Il a été invité régulièrement au laboratoire de Microsoft Research, Cambridge, en 2008, 2009 et 2010 pour des séjours d'une semaine. Il a également séjourné en février 2013 et 2011 au laboratoire LAROMAD de l'Université de Tizi-Ouzou, au département informatique de l'Université de Tlemcen (avril 2012), au laboratoire LAMOS de l'Université de Béjaia (septembre 2010) et à l'école doctorale de Béjaia en novembre 2010.

4.5 Activités d'animation et rayonnement scientifique

4.5.1 Principales activités d'animation de la communauté scientifique

AFPC (Association Francophone de Programmation par Contraintes)

Le CRIL participe activement à la promotion et à la vulgarisation de ses thématiques de recherche : pour la programmation par contraintes, notamment par son implication au sein

de l'AFPC. Plusieurs enseignants-chercheurs du CRIL sont membres du Conseil d'Administration de l'AFPC et occupent un poste au sein du bureau : secrétaire général depuis 2010, vice-présidence entre 2011 et 2013 et présidence depuis 2013 (Cédric Piette est président de l'AFPC depuis juin 2013). L'AFPC organise chaque année une conférence nationale : les *Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC)* regroupant les principaux acteurs francophones de cette thématique de recherche (150 participants pour l'édition 2013).

Organisation de compétitions de solveurs

Leader dans le domaine de la conception de solveurs novateurs efficaces pour SAT et CSP, le CRIL prend largement sa part dans l'organisation de compétitions internationales de solveurs. Depuis 2008, des membres du CRIL ont organisé 8 compétitions internationales de solveurs qui permettent d'évaluer de manière indépendante les performances des techniques proposées dans la communauté :

- éditions 2009 et 2011 de la compétition internationale de solveurs SAT,
- éditions 2008 et 2009 de la compétition internationale de solveurs CSP, MaxCSP et WCSP,
- éditions 2009, 2010, 2011 et 2012 de la compétition internationale de solveurs PB (pseudo-booléens)

Les résultats de ces diverses compétitions ont été présentés aux conférences internationales *CP* et *SAT* ainsi que dans [6, 18, 43, 42].

Organisation de conférences et workshops dans notre région

Le CRIL a organisé à Arras la 22^{ième} édition d'*IEEE ICTAI* (troisième passage en Europe) et a organisé à Lens en 2012 un séminaire de deux journées « CRIL-NII Collaborative Meeting on Reasoning about Dynamic Constraint Networks » à la demande du *National Institute of Informatics* de Tokyo et d'Universités japonaises.

Ces deux organisations relèvent de la totalité du laboratoire et sont citées également dans la section correspondante à l'axe RCR.

Autres

Les participations par des membres du CRIL à l'organisation d'événements en dehors de la Région sont égrenées dans les responsabilités individuelles des membres du laboratoire.

4.5.2 Participation à des comités éditoriaux et de programme

Comités éditoriaux

Éric Grégoire est Area Editor de la série Springer *Logic, Argumentation, Reasoning*, associate editor d'*IJAIT International Journal of Artificial Intelligence Tools (IAIT)* et fut membre du comité éditorial de *Information Fusion*.

Daniel Le Berre est membre du comité éditorial du *Journal on Satisfiability, Boolean Modeling and Computation (JSAT)*.

Lakhdar Saïs a été membre du comité éditorial du journal *Artificial Intelligence Research - JAIR* (2009 - 2012). Il est membre du comité de pilotage du *Colloque international sur l'Op-*

timisation et les Systèmes d'Information (COSI) depuis 2009. Ce comité est impliqué dans l'organisation de COSI et des événements satellites (écoles d'été, journées de cours).

Présidences de comités de programme

Éric Grégoire a assuré la présidence du comité de programme d'*IEEE ICTAI'10* [37, 38], fut General Chair d'*IEEE ICTAI'11*, European Liaison Chair et/ou Workshop Chair pour *IEEE IRI'08-11* et 13.

Daniel Le Berre a assuré la co-présidence du comité de programme du workshop *Pragmatics of SAT* associé à la conférence internationale *SAT* en 2010, 2011, 2012 et 2013.

Christophe Lecoutre a été président du comité de programme des *JFPC'10* (*Journées Francophones sur la Programmation par Contraintes*) [39] qui se sont tenues à Caen en 2010.

Olivier Roussel a été Competition chair à la conférence internationale *SAT'13*.

Lakhdar Saïs a été co-président du comité de programme du *Workshop on Parallel Satisfiability Solving : SAT and beyond SAT, Parallel Solving on New Architectures (WPSS'10, Caen, 2010)* et (*WPSS'09, Leipzig, 2009*). Il fut président du comité de programme du colloque sur l'*Optimisation et les Systèmes d'Information (COSI'08)* [41], Tizi-Ouzou, 8-10 juin 2008, et co-président du comité de programme du *Colloque sur l'Optimisation et les Systèmes d'Information (COSI'09)*, Annaba, 25-27 mai 2009. Il fut également co-chair du *8th International Workshop on Symmetry and Constraints Satisfaction Problems (Symcon'08)* [36], Sydney, Australie (dans le cadre de *CP'08*).

Éric Grégoire et Bertrand Mazure furent présidents du comité de programme du *Track on CSP and SAT technologies* à *IEEE ICTAI'13*.

Participation à des comités de programme

Gilles Audemard a participé aux comités de programme suivants : *IJCAI'13, SAT'13, AAAI'12* et *RCRA'08, 09, 12* et *JFPC'11*.

Assef Chmeiss est membre du comité de programme *Special Track on SAT and CSP Technologie* de la conférence internationale *IEEE ICTAI'13* et des comités de programme de *COSI'09* et *COSI'10*.

Fred Hemery fut membre du comité de programme des *JFPC'12*.

Saïd Jabbour fut membre du comité de programme de la conférence internationale *CP'13*.

Daniel Le Berre a participé aux comités de programme suivants : conférences internationales *SAT'(08-13), IJCAI'11, IJCAI'13, ECAI'12, AAAI'12, ASM'10, ASM'12*, workshops *RCRA'09, 11, 13, LaSh'08, 10, 12, PAAR'10, 12, LoCoCo'10, EQMS'10, IWOCE'09*.

Éric Grégoire fut membre des comités de programme suivants : *IEEE SMC UK&RI Conference on Cybernetic Intelligent Systems'08-09, BIC-TA'08-13, SEKE'08-13, IAT'08-10, 12, Fusion'08-13, ICAART'11-13, IISA'13, ICTAI'08-13*.

Christophe Lecoutre a participé aux comités de programme suivants : *IJCAI'13* (senior PC), *CP'13* (senior PC), *CP'12, AAAI'12, IJCAI'11* (senior PC), *AAAI'11, AAAI'10, IJCAI'09, ICTAI'08, CP'08 Doctoral Programme, JFPC'11, RFIA'10, JFPC'09, JFPC'08* et *RFIA'08*.

Bertrand Mazure a participé aux comités de programmes suivants : *ICTAI'08-13, CPAIOR'12, IJCAI'11* (senior PC member), *IEEE IRI'08-11*.

Cédric Piette a participé aux comités de programme suivants : *ICTAI'13, ICTAI'11, IJCAI'11, CoCoMiLe'12, JFPC'11* et *JFPC'10*.

Olivier Roussel a été membre des comités de programme de : *SAT'13, Compare'12, IJCAI'11, IJCAI'13, Pragmatics of SAT* de 2010 à 2013, *JFPC'10, JFPC'12* et *JFPC'13*.

Lakhdar Saïa a participé aux comités de programme suivants : *SAT'13, ICTAI'13, JFPC'13, CIIA'13, Workshop LML'13 (ECML PKDD), SAT'12, LION 6, ICTAI'12, JFPC'12, IJCAI'11, SAT'11, AAI'11, ICTAI'11, CIIA'11, Workshop IEEE DPM'11 (ICDM), ISOR'11, R2I'11, Workshop Symcon'11 (CP), JFPC'11, AAI'10, SAT'10, Workshop Symcon'10 (CP), ICTAI'10, JIAF'10, IJCAI'09, ICTAI'09, SAT'09, CIIA'09, JIAF'09, AAI'08, ICTAI'08, JIAF'08, ISOR'08, IRI'08 et IRI'09.*

Yacoub Salhi fut membre du comité de programme du *Special Track on SAT and CSP Technologie* de la conférence internationale *IEEE ICTAI'13*.

4.5.3 Autres éléments de rayonnement scientifique

La grande majorité des membres du laboratoire sont impliqués dans les évaluations de l'ANR et dans des COS : nous ne repreneons pas ces éléments standard ici.

Éric Grégoire, au niveau international, fut évaluateur de projets européens *FP7*, de projets *Eureka* et évalua des projets et des structures de recherche notamment d'organismes du Québec, de Russie et d'Estonie. Au niveau national, il fut évaluateur de la division *Mathématiques appliquées et informatique (MIA)* de l'INRA en 2013. Au titre de la DGESIP, il évalue un grand nombre de soumissions de projets internationaux. Il fut membre de la commission PES de l'INS2I en 2011.

Daniel Le Berre fut expert pour le *Mathematics of Information Technology and Complex Systems Network of Centres of Excellence (MITACS-NCE)* du Canada en 2009.

Christophe Lecoutre fut expert pour l'évaluation de demandes d'allocations de recherche en région Bretagne (2010), un projet *STIC-Algérie* (2011) et un projet du *Banff International Research Station 2013*.

Bertrand Mazure fut membre élu de la section 7 du CoCNRS de 2008 à 2012. Il fut membre des comités d'évaluation des laboratoires LRI (2009), LAMSADE (2010), SAMOVAR (2010) et LORIA (2012). Il évalua des projets *ECOS-SUD* en 2011 et 2012. Il fut membre du CA de l'*AFPC* jusque 2010 et secrétaire jusque 2009.

Cédric Piette est président de l'*Association Française de Programmation par Contraintes (AFPC)* depuis 2013. Christophe Lecoutre fut vice-président de l'*AFPC* entre 2011 et 2013. Sébastien Tabary est secrétaire de l'*AFPC* depuis 2011.

Lakhdar Saïa est membre du comité d'animation du thème 1 du *GDR I3 Intelligence artificielle fondamentale* (2008-2010). Au niveau international, Lakhdar Saïa est évaluateur dans le cadre du programme *Microsoft Research PhD Scholarships* depuis 2008, auprès du *Science Foundation of Ireland* en 2008, *ECOS-SUD Chili* en 2008 et du *Department of International Relations (DRI) of the National Commission for Scientific and Technological Research of the Government of Chile (CONICYT)* en 2013.

4.6 Autres activités administratives et tâches collectives

Gilles Audemard a été directeur des études des étudiants de DUT2 au département informatique de l'IUT de Lens de septembre 2009 à juin 2013.

Frédéric Boussemart fut chef du département informatique de l'IUT de Lens jusqu'au 1er septembre 2010 avant de devenir responsable des relations internationales de l'IUT de Lens depuis cette date.

Assef Chmeiss fut membre du CEVU de l'Université d'Artois de juin 2011 à mai 2012 et est membre du CS de l'Université d'Artois depuis mai 2012. Il est administrateur du portail de

recrutement par internet Ciell2 pour l'IUT de Lens, administrateur de Postbac pour l'IUT de Lens, correspondant du C2i pour l'IUT de Lens. Assef Chmeiss est le chef du département informatique de l'IUT de Lens depuis la rentrée 2013.

Éric Grégoire est conseiller DGESIP en charge des deux secteurs mathématiques et informatique, membre du CA d'INRIA, membre du CA de CINES, membre du CA de Mines-Telecom, et membre du CS de l'Université d'Artois (2008-2012). Il organise depuis plus de 10 ans les jurys PEDR et PES en informatique et en mathématiques. Il a été jusqu'en 2012, président du jury du master d'informatique de l'Université d'Artois et président du COS Informatique de cette même université.

Fred Hemery est responsable pédagogique de la licence professionnelle « Systèmes Informatiques Logiciels », spécialité « Sécurité Informatique », au département informatique de l'IUT de Lens, depuis septembre 2010.

Saïd Jabbour est co-responsable de la gestion des emplois du temps des enseignants-chercheurs en informatique de l'UFR des Sciences depuis 2012.

Daniel Le Berre a été responsable pédagogique du master 2 « Ingénierie Logicielle pour Internet » à l'UFR des Sciences de 2006 à 2012.

Christophe Lecoutre est membre élu du CA de l'Université d'Artois (2012-2016) et du CA de l'IUT de Lens (2010-2014). Il est responsable de la gestion du recrutement au sein du département SRC de l'IUT de Lens depuis 2010.

Bertrand Mazure est responsable du master 1 d'informatique et du M2 professionnalisé « Ingénierie logicielle pour l'internet » depuis 2012.

Anne Parrain a été responsable de la licence mention mathématiques-informatique de 2004 à 2010, puis responsable de la mention informatique (après la séparation en deux mentions de la licence) de 2010 à 2012. Depuis juin 2012, elle est membre élue du CEVU et elle est également vice-présidente de l'Université d'Artois en charge de la politique du personnel.

Cédric Piette est responsable de la gestion du recrutement au sein du département GEA de l'IUT de Lens depuis 2009.

Sébastien Tabary est directeur des études au département SRC de l'IUT de Lens, depuis septembre 2010.

Lakhdar Saïs fut président du jury de troisième année (semestre 6) de la Licence Mathématique Informatique en 2011-2012. Il a également été président du jury de la seconde année (L2) de la Licence Mathématique Informatique jusque 2011. Il a également été membre élu du CEVU de l'Université d'Artois entre 2008 et 2012.

Yakoub Salhi est co-responsable de la Cellule de Transfert de Technologie de l'IUT de Lens.

5

**Production relevant de
l'axe thématique AIC**

5.1 Liste classée des publications

5.1.1 Articles en revues d'audience internationale avec comité de sélection

- [1] Christian Bessière, **STÉPHANE CARDON**, Romuald Debruyne et **CHRISTOPHE LECOUTRE** : Efficient algorithms for singleton arc consistency. *Constraints*, 16(1):25–53, 2011.
- [2] Youssef Hamadi, **SAÏD JABBOUR**, **CÉDRIC PIETTE** et **LAKHDAR SAÏS** : Deterministic parallel DPLL. *Journal on Satisfiability, Boolean Modeling and Computation (JSAT)*, 7(4):127–132, 2011.
- [3] Youssef Hamadi, **SAÏD JABBOUR** et **LAKHDAR SAÏS** : SAT : a parallel SAT solver. *Journal on Satisfiability, Boolean Modeling and Computation (JSAT)*, 6:245–262, 2009.
- [4] Youssef Hamadi, **SAÏD JABBOUR** et **LAKHDAR SAÏS** : Learning for dynamic subsumption. *International Journal on Artificial Intelligence Tools (IJAIT)*, 19(4):511–529, 2010.
- [5] Youssef Hamadi, **SAÏD JABBOUR** et **LAKHDAR SAÏS** : Learning from conflicts in propositional satisfiability. *A Quarterly Journal of Operations Research (4OR)*, 1(10):15–32, 2012.
- [6] Matti Jarvisalo, **DANIEL LE BERRE**, **OLIVIER ROUSSEL** et Laurent Simon : The international SAT solver competitions. *Artificial Intelligence Magazine (AI Magazine)*, 1(33):89–94, 2012.
- [7] Mohand Ou Idir Khemmoudj et **HACHEMI BENNACEUR** : Clique inference process for solving Max-CSP. *European Journal of Operational Research (EJOR)*, 199(3):665–673, 2008.
- [8] **GILLES AUDEMARD**, **SAÏD JABBOUR** et **LAKHDAR SAÏS** : SAT graph-based representation : A new perspective. *Journal of Algorithms*, 63:17–33, 2008.
- [9] **FRÉDÉRIC BOUSSEMARY**, **FRED HEMERY**, **CHRISTOPHE LECOUTRE** et **MOUNY SAMY-MODELIAR** : Efficient constraint propagation for graph coloring. *Electronic Notes in Discrete Mathematics (ENDM)*, 37:243–248, 2011.
- [10] **ÉRIC GRÉGOIRE**, **BERTRAND MAZURE** et **CÉDRIC PIETTE** : On finding minimally unsatisfiable cores of CSPs. *International Journal on Artificial Intelligence Tools (IJAIT)*, 17(4):745–763, 2008.
- [11] **ÉRIC GRÉGOIRE**, **BERTRAND MAZURE** et **CÉDRIC PIETTE** : Using local search to find MSSes and MUSes. *European Journal of Operational Research (EJOR)*, 199(3):640–646, 2009.
- [12] **SAÏD JABBOUR** : Learning from successes. *International Journal on Artificial Intelligence Tools (IJAIT)*, 19(4):373–391, 2010.
- [13] **DANIEL LE BERRE** et **ANNE PARRAIN** : The SAT4J library, release 2.2, system description. *Journal on Satisfiability, Boolean Modeling and Computation (JSAT)*, 7:59–64, 2010.
- [14] **DANIEL LE BERRE** et **STÉPHANIE ROUSSEL** : SAT4J 2.3.2 : on the fly solver configuration, system description. *Journal on Satisfiability, Boolean Modeling and Computation (JSAT)*, 2013. (accepté en 2012).

- [15] **CHRISTOPHE LECOUTRE** : STR2 : Optimized simple tabular reduction for table constraints. *Constraints*, 16(4):341–371, 2011.
- [16] **CHRISTOPHE LECOUTRE**, Chavalit Likitvivatanavong, Scott Shannon, Roland Yap et Yuanlin Zhang : Maintaining arc consistency with multiple residues. *Constraint Programming Letters (CPL)*, 2:3–19, 2008.
- [17] **CHRISTOPHE LECOUTRE**, **STÉPHANE CARDON** et **JULIEN VION** : Second-order consistencies. *Journal of Artificial Intelligence Research (JAIR)*, 40:175–219, 2011.
- [18] **CHRISTOPHE LECOUTRE**, **OLIVIER ROUSSEL** et Marc R.C. van Dongen : Promoting robust black-box solvers through competitions. *Constraints*, 15(3):317–326, 2010.
- [19] **CHRISTOPHE LECOUTRE**, **LAKHDAR SAÏS**, **SÉBASTIEN TABARY** et **VINCENT VIDAL** : Reasoning from last conflict(s) in constraint programming. *Artificial Intelligence Journal (AIJ)*, 173(18):1592–1614, 2009.
- [20] **CHRISTOPHE LECOUTRE** et **JULIEN VION** : Enforcing arc consistency using bitwise operations. *Constraint Programming Letters (CPL)*, 2:21–35, 2008.
- [21] **OLIVIER ROUSSEL** : Controlling a solver execution : the runsolver tool. *Journal on Satisfiability, Boolean Modeling and Computation (JSAT)*, 7:139–144, 2011.

5.1.2 Articles en revues d'audience nationale avec comité de sélection

- [22] Philippe Besnard, **ÉRIC GRÉGOIRE**, **CÉDRIC PIETTE** et **BADRAN RADDAOUI** : Calcul d'arguments et de contre-arguments fondé sur les noyaux inconsistants. *Revue d'Intelligence Artificielle (RIA)*, 26(3):209–224, 2012.
- [23] **ÉRIC GRÉGOIRE**, **BERTRAND MAZURE** et **CÉDRIC PIETTE** : Extraction d'ensembles minimaux conflictuels basée sur la recherche locale. *Revue d'Intelligence Artificielle (RIA)*, 22(2):161–181, 2008.
- [24] **ÉRIC GRÉGOIRE**, **BERTRAND MAZURE** et **CÉDRIC PIETTE** : MUST et couvertures de MUST pour l'explication et la réparation de CSP incohérents au niveau tuple. *Information-Interaction-Intelligence (Revue I3)*, 8(2):181–202, 2008.
- [25] **SAÏD JABBOUR** et **LAKHDAR SAÏS** : Symétries et QBF. *Revue d'Intelligence Artificielle (RIA)*, 26(1-2):813–835, 2012.

5.1.3 Ouvrages et chapitres d'ouvrages

- [26] Olivier Dubois et **LAKHDAR SAÏS** : *Bilan et défis*, chapitre 12 in « Problème SAT : progrès et défis », pages 311–318. Hermès, 2008.
- [27] Youssef Hamadi, **SAÏD JABBOUR** et **LAKHDAR SAÏS** : *Control-based clause sharing in Parallel SAT*, chapitre 10 in « Autonomous Search », pages 245–267. Springer, 2012.
- [28] Frédéric Maris, Pierre Régnier et **VINCENT VIDAL** : *Planification par satisfaction de bases de clauses*, chapitre 11 in « Problème SAT : progrès et défis », pages 289–309. Hermès, 2008.

- [29] Marc Schoenauer, Pierre Savéant et **VINCENT VIDAL** : *Divide-and-evolve : a Sequential Hybridization Strategy using Evolutionary Algorithms*, chapitre 9 in « Advances in Metaheuristics for Hard Optimization », pages 179–198. Springer-Verlag, 2008.
- [30] **GILLES AUDEMARD** et Belaïd Benhamou : *Symétries*, chapitre 6 in « Problème SAT : progrès et défis », pages 169–190. Hermès, 2008.
- [31] **ÉRIC GRÉGOIRE**, **BERTRAND MAZURE** et **CÉDRIC PIETTE** : *Sous-formules minimales insatisfaisables*, chapitre 8 in « Problème SAT : progrès et défis », pages 221–242. Hermès, 2008.
- [32] **CHRISTOPHE LECOUTRE** : *Constraint Networks : Techniques and Algorithms*. Wiley, 592 pages, 2009.
- [33] **CHRISTOPHE LECOUTRE** : *Backtrack Search Techniques and Heuristics*, chapitre in « Encyclopedia of Operations Research and Management Science ». Wiley, 2011.
- [34] **CHRISTOPHE LECOUTRE** et **SÉBASTIEN TABARY** : *Symmetry Breaking*, chapitre 5 in « Constraint Networks : Techniques and Algorithms », pages 495–530. Wiley, 2009.
- [35] **OLIVIER ROUSSEL** et Vasco Manquinho : *Pseudo-Boolean and Cardinality Constraints*, volume 2, chapitre 22 in « Handbook of Satisfiability », pages 695–733. IOS Press, 2009.

5.1.4 Edition d'ouvrages, d'actes et de numéros de revues

- [36] Fadi Aloul, Belaïd Benhamou et **LAKHDAR SAÏS**, éditeurs. *Proceedings of the 8th International Workshop on Symmetry and Constraint Satisfaction Problems (SymCon'08)*, Sydney, Australie, 2008. (64 pages - dans le cadre de CP'2008).
- [37] **ÉRIC GRÉGOIRE**, éditeur. *Proceedings of the 22nd IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'10)*. IEEE Computer Press, novembre 2010. 2 volumes, 900 pages.
- [38] **ÉRIC GRÉGOIRE**, éditeur. *International Journal on Artificial Intelligence Tools (IJAIT)*, volume 4(20), août 2011. Special Issue on Selected Papers from IEEE ICTAI'10.
- [39] **CHRISTOPHE LECOUTRE**, éditeur. *Actes des Sixièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes*, Caen, juin 2010. 265 pages.
- [40] **LAKHDAR SAÏS**, éditeur. *Problème SAT : Progrès et Défis*. Hermès, 2008. 352 pages.
- [41] **LAKHDAR SAÏS**, Lhouari Nourine et Aider Meziane, éditeurs. *Actes du Colloque sur l'Optimisation et les Systèmes d'Information*, Tizi-Ouzou, Algérie, juin 2008. 474 pages.
- [42] Marc R.C. van Dongen, **CHRISTOPHE LECOUTRE** et **OLIVIER ROUSSEL**, éditeurs. *Proceedings of the 2nd International Constraint Solver Competition (2006)*, 96 pages, janvier 2008. <http://www.cril.univ-artois.fr/CPAI06/>.
- [43] Marc R.C. van Dongen, **CHRISTOPHE LECOUTRE** et **OLIVIER ROUSSEL**, éditeurs. *Proceedings of the 3rd International Constraint Solver Competition (2008)*, 90 pages, septembre 2008. <http://www.cril.univ-artois.fr/CPAI08/>.

5.1.5 Communications à des manifestations internationales avec comité de lecture et actes et sélection sur papiers complets

- [44] Nouhad Amaneddine et **JEAN-FRANÇOIS CONDOTTA** : From path-consistency to global consistency in temporal qualitative constraint networks. *Dans 15th International Conference Artificial Intelligence : Methodology, Systems, and Applications (AIMSA'12)*, volume 7557 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 152–161. Springer, 2012.
- [45] Nouhad Amaneddine et **JEAN-FRANÇOIS CONDOTTA** : On the minimal labeling problem of temporal and spatial qualitative constraints. *Dans 26th International FLAIRS Conference (FLAIRS'13)*. AAAI Press, 2013.
- [46] Nouhad Amaneddine, **JEAN-FRANÇOIS CONDOTTA** et **MICHAEL SIOUTIS** : Efficient approach to solve the minimal labeling problem of temporal and spatial qualitative constraints. *Dans 23th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'13)*, pages 696–702, 2013.
- [47] Olivier Bailleux, Yacine Boufkhad et **OLIVIER ROUSSEL** : New encodings of pseudo-boolean constraints into cnf. *Dans Theory and Applications of Satisfiability Testing (SAT'09)*, volume 5584 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 181–194. Springer, 2009.
- [48] Christian Bessière, Hélène Fargier et **CHRISTOPHE LECOUTRE** : Global inverse consistency for interactive constraint satisfaction. *Dans 19th International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming (CP'13)*, volume 8124 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*. Springer, septembre 2013.
- [49] Christian Bessière, **GEORGE KATSIRELOS**, Nina Narodytska, Claude-Guy Quimper et Toby Walsh : Decomposition of the NValue constraint. *Dans 16th International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming (CP'10)*, volume 6308 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 114–128. Springer, 2010.
- [50] Christian Bessière, **GEORGE KATSIRELOS**, Nina Narodytska, Claude-Guy Quimper et Toby Walsh : Propagating conjunctions of alldifferent constraints. *Dans 24th Conference on Artificial Intelligence (AAAI'10)*, 2010.
- [51] Emmanuel Coquery, **SAÏD JABBOUR**, **LAKHDAR SAÏS** et **YAKOUB SALHI** : A sat-based approach for discovering frequent, closed and maximal patterns in a sequence. *Dans 20th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'12)*, pages 258–263, 2012.
- [52] David Deharbe, Pascal Fontaine, **DANIEL LE BERRE** et **BERTRAND MAZURE** : Computing prime implicants. *Dans 13th International Conference on Formal Methods in Computer-Aided Design (FMCAD'13)*. IEEE Press, 2013.
- [53] Youssef Hamadi, **SAÏD JABBOUR** et **LAKHDAR SAÏS** : Control-based clause sharing in parallel SAT solving. *Dans 21st International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'09)*, pages 499–504, 2009.
- [54] Youssef Hamadi, **SAÏD JABBOUR** et **LAKHDAR SAÏS** : Learning for dynamic subsumption. *Dans 21st International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'09)*, pages 328–335. IEEE Computer Society, 2009. (*Best paper award*).
- [55] Mohamed Maiza, **MOHAMMED SAÏD RADJEF** et **LAKHDAR SAÏS** : Continuous lower bound for the variable sized bin-packing problem. *Dans 9th International Conference on Modeling, Optimization and SIMulation (MOSIM'12)*, 2012. 6 pages.

- [56] Radoslaw Szymanek et **CHRISTOPHE LECOUTRE** : Constraint-level advice for shaving. Dans *24th International Conference on Logic Programming (ICLP'08)*, volume 5366 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 636–650. Springer, 2008.
- [57] **GILLES AUDEMARD**, Lucas Bordeaux, Youssef Hamadi, **SAÏD JABBOUR** et **LAKHDAR SAÏS** : A generalized framework for conflict analysis. Dans *11th International Conference on Theory and Applications of Satisfiability Testing (SAT'08)*, volume 4996 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 21–27. Springer, 2008.
- [58] **GILLES AUDEMARD** et Laurent Simon : Experimenting a conflict-driven clause learning algorithm. Dans *14th International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming (CP'08)*, volume 5202 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 630–634. Springer, 2008.
- [59] **GILLES AUDEMARD** et Laurent Simon : Predicting learnt clauses quality in modern sat solver. Dans *21st International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'09)*, pages 399–404, 2009.
- [60] **GILLES AUDEMARD** et Laurent Simon : Refining restarts strategies for SAT and UNSAT. Dans *18th International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming (CP'12)*, volume 7514 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 118–126. Springer, 2012.
- [61] **GILLES AUDEMARD**, **BENOÎT HOESSEN**, **SAÏD JABBOUR**, **JEAN-MARIE LAGNIEZ** et **CÉDRIC PIETTE** : Penelope, a parallel clause-freezer solver. Dans *Proceedings of SAT Challenge 2012 : Solver and Benchmarks Descriptions*, pages 43–44, 2012. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/34218>.
- [62] **GILLES AUDEMARD**, **BENOÎT HOESSEN**, **SAÏD JABBOUR**, **JEAN-MARIE LAGNIEZ** et **CÉDRIC PIETTE** : Revisiting clause exchange in parallel SAT solving. Dans *15th International Conference on Theory and Applications of Satisfiability Testing (SAT'12)*, volume 7962 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 200–213. Springer, 2012.
- [63] **GILLES AUDEMARD**, **GEORGE KATSIRELOS** et Laurent Simon : A restriction of extended resolution for clause learning SAT solvers. Dans *24th Conference on Artificial Intelligence (AAAI'10)*, pages 10–15, 2010.
- [64] **GILLES AUDEMARD**, **JEAN-MARIE LAGNIEZ** et Laurent Simon : Improving Glucose for incremental SAT solving with assumptions : Application to MUS extraction. Dans *16th International Conference on Theory and Applications of Satisfiability Testing (SAT'13)*, volume 7962 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 309–317. Springer, 2013.
- [65] **GILLES AUDEMARD**, **JEAN-MARIE LAGNIEZ** et Laurent Simon : Just-in-time compilation of knowledge bases. Dans *23th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'13)*, pages 447–453, 2013.
- [66] **GILLES AUDEMARD**, **JEAN-MARIE LAGNIEZ**, **BERTRAND MAZURE** et **LAKHDAR SAÏS** : Learning in local search. Dans *21st International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'09)*, pages 417–424. IEEE Computer Society, 2009.
- [67] **GILLES AUDEMARD**, **JEAN-MARIE LAGNIEZ**, **BERTRAND MAZURE** et **LAKHDAR SAÏS** : Boosting local search thanks to CDCL. Dans *17th International Conference on Logic for Programming, Artificial Intelligence and Reasoning (LPAR'10)*, volume 6397 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 474–488. Springer, 2010.

- [68] **GILLES AUDEMARD, JEAN-MARIE LAGNIEZ, BERTRAND MAZURE et LAKHDAR SAÏS** : On freezeing and reactivating learnt clauses. *Dans 14th International Conference on Theory and Applications of Satisfiability Testing (SAT'11)*, volume 6695 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 188–200. Springer, 2011. (*Best paper award*).
- [69] **HACHEMI BENNACEUR, CHRISTOPHE LECOUTRE et OLIVIER ROUSSEL** : A decomposition technique for solving Max-CSP. *Dans 18th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'08)*, pages 500–504, 2008.
- [70] **ASSEF CHMEISS et JEAN-FRANÇOIS CONDOTTA** : Consistency of triangulated temporal qualitative constraint networks. *Dans 23rd International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'11)*, pages 799–802. IEEE Computer Press, 2011.
- [71] **ASSEF CHMEISS, VINCENT KRAWCZYK et LAKHDAR SAÏS** : Redundancy in CSPs. *Dans 18th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'08)*, pages 907–908, 2008.
- [72] **JEAN-FRANÇOIS CONDOTTA et DOMINIQUE D'ALMEIDA** : Consistency of qualitative constraint networks from tree decompositions. *Dans 18th International Symposium on Temporal Representation and Reasoning (TIME'11)*, pages 149–156. IEEE Press, 2011.
- [73] **JEAN-FRANÇOIS CONDOTTA et CHRISTOPHE LECOUTRE** : A class of df-consistencies for qualitative constraint networks. *Dans 12th International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR'10)*, pages 319–328, 2010. (*Parmi les 4 shortlisted for the best paper award sur 211 soumissions*).
- [74] **JEAN-FRANÇOIS CONDOTTA et CHRISTOPHE LECOUTRE** : A framework for decision-based consistencies. *Dans 17th International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming (CP'11)*, volume 6876 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 172–186. Springer, 2011.
- [75] **DOMINIQUE D'ALMEIDA et ÉRIC GRÉGOIRE** : Model-based diagnosis with default information implemented through Max-SAT technology. *Dans 13th International Conference on Information Reuse and Integration (IRI'12)*, pages 33–36. IEEE Computer Press, 2012.
- [76] **DOMINIQUE D'ALMEIDA et LAKHDAR SAÏS** : Enhancing neighbourhood substitutability thanks to singleton arc consistency. *Dans 21st International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'09)*, pages 91–98. IEEE Computer Society, 2009.
- [77] **ÉRIC GRÉGOIRE, Jean-Marie Lagniez et BERTRAND MAZURE** : Questioning the importance of WCORE-like minimization steps in MUC-finding algorithms. *Dans 15th International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'13)*. IEEE Press, 2013.
- [78] **ÉRIC GRÉGOIRE, ATEF HASNI, CÉDRIC PIETTE et BERTRAND MAZURE** : Solving E-SquarO through SAT-coding. *Dans 15th International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'13)*. IEEE Press, 2013.
- [79] **ÉRIC GRÉGOIRE, JEAN-MARIE LAGNIEZ et BERTRAND MAZURE** : A CSP solver focusing on FAC variables. *Dans 17th International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming (CP'11)*, volume 6876 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 493–507. Springer, 2011.
- [80] **ÉRIC GRÉGOIRE, JEAN-MARIE LAGNIEZ et BERTRAND MAZURE** : Relax! *Dans 24th International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'12)*, pages 146–153. IEEE Computer Press, 2012.
- [81] **ÉRIC GRÉGOIRE, JEAN-MARIE LAGNIEZ et BERTRAND MAZURE** : Preserving partial solutions while relaxing constraint networks. *Dans 23th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'13)*, pages 552–558, 2013.

- [82] **ÉRIC GRÉGOIRE, BERTRAND MAZURE** et **CÉDRIC PIETTE** : On approaches to explaining infeasibility of sets of boolean clauses. *Dans 20th International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'08)*, pages 74–83. IEEE Computer Society, 2008.
- [83] **ÉRIC GRÉGOIRE, BERTRAND MAZURE** et **CÉDRIC PIETTE** : Does this set of clauses overlap with at least one MUS ? *Dans 22nd International Conference on Automated Deduction (CADE 22)*, volume 5663 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 100–115. Springer, 2009.
- [84] **ÉRIC GRÉGOIRE, BERTRAND MAZURE** et **LAKHDAR SAÏS** : Local autarkies searching for the dynamic partition of cnf formulae. *Dans 21st International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'09)*, pages 107–114. IEEE Computer Society, 2009.
- [85] **LONG GUO**, Youssef Hamadi, **SAÏD JABBOUR** et **LAKHDAR SAÏS** : Diversification and intensification in parallel SAT solving. *Dans 16th International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming (CP'10)*, volume 6308 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 252–265. Springer, 2010.
- [86] **LONG GUO** et **JEAN-MARIE LAGNIEZ** : Dynamic polarity adjustment in a parallel SAT solver. *Dans Proc. of the IEEE 23rd International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'11)*, pages 67–73. IEEE Computer Press, 2011.
- [87] **SAÏD JABBOUR** : Learning for dynamic assignments reordering. *Dans 21st International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'09)*, pages 336–343. IEEE Computer Society, 2009.
- [88] **SAÏD JABBOUR, JERRY LONLAC** et **LAKHDAR SAÏS** : Extending resolution by dynamic substitution of boolean functions. *Dans 24th International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'12)*, pages 1029–1034. IEEE Computer Press, 2012.
- [89] **SAÏD JABBOUR, JERRY LONLAC** et **LAKHDAR SAÏS** : Intensification search in modern sat solvers. *Dans 15th International Conference on Theory and Applications of Satisfiability Testing (SAT'12)*, volume 7962 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 491–492. Springer, 2012.
- [90] **SAÏD JABBOUR, JERRY LONLAC** et **LAKHDAR SAÏS** : Adding new bi-asserting clauses for faster search in modern SAT solvers. *Dans 10th Symposium on Abstraction, Reformulation, and Approximation (SARA'13)*. AAAI Press, 2013.
- [91] **SAÏD JABBOUR, LAKHDAR SAÏS** et **YAKOUB SALHI** : Boolean satisfiability for sequence mining. *Dans Twenty-Second ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM'13)*. ACM Press, 2013.
- [92] **SAÏD JABBOUR, LAKHDAR SAÏS** et **YAKOUB SALHI** : A pigeon-hole based encoding of cardinality constraints. *Dans 29th International Conference on Logic Programming (ICLP'13)*, 2013.
- [93] **SAÏD JABBOUR, LAKHDAR SAÏS** et **YAKOUB SALHI** : Top-k frequent closed itemset mining using top-k sat problem. *Dans European Conference on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases (ECML/PKDD'13)*, volume 146, pages 131–140. Springer, 2013.
- [94] **SAÏD JABBOUR, LAKHDAR SAÏS, YAKOUB SALHI** et **KARIM TABIA** : Symmetries in itemset mining. *Dans 20th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI '12)*, pages 432–437, 2012.

- [95] **SAÏD JABBOUR, LAKHDAR SAÏS, YAKOUB SALHI** et Takeaki Uno : Mining-based compression approach of propositional formulae. *Dans Twenty-Second ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM'13)*. ACM Press, 2013.
- [96] **GEORGE KATSIRELOS**, Nina Narodytska et Toby Walsh : On the complexity and completeness of static constraints for breaking row and column symmetry. *Dans 16th International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming (CP'10)*, volume 6308 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 305–320. Springer, 2010.
- [97] **GEORGE KATSIRELOS** et Toby Walsh : Symmetries of symmetry breaking constraints. *Dans 19th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'10)*, pages 861–866, 2010.
- [98] **JEAN-MARIE LAGNIEZ** et Armin Biere : Factoring out assumptions to speed up MUS extraction. *Dans Proc. of the 16th Int. Theory and Applications of Satisfiability Testing (SAT'13)*, volume 7962 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 276–292. Springer, 2013.
- [99] **DANIEL LE BERRE, PIERRE MARQUIS** et **STÉPHANIE ROUSSEL** : Planning personalised museum visits. *Dans 23rd International Conference on Automated Planning and Scheduling (ICAPS'13)*. AAAI Press, 2013.
- [100] **CHRISTOPHE LECOUTRE** : Optimization of simple tabular reduction for table constraints. *Dans 14th International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming (CP'08)*, volume 5202 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 128–143. Springer, 2008.
- [101] **CHRISTOPHE LECOUTRE**, Chavalit Likitvivanavong et Roland Yap : A path-optimal GAC algorithm for table constraints. *Dans 20th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'12)*, pages 510–515, 2012.
- [102] **CHRISTOPHE LECOUTRE**, A. Paparrizou et K. Stergiou : Extending STR to a higher-order consistency. *Dans 27th Conference on Artificial Intelligence (AAAI'13)*. AAAI Press, 2013.
- [103] **CHRISTOPHE LECOUTRE, NICOLAS PARIS, OLIVIER ROUSSEL** et **SÉBASTIEN TABARY** : Propagating soft table constraints. *Dans 18th International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming (CP'12)*, volume 7514 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 390–405. Springer, 2012.
- [104] **CHRISTOPHE LECOUTRE** et **OLIVIER ROUSSEL** : Failed value consistencies for constraint satisfaction. *Dans 15th International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming (CP'09)*, volume 5732 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 554–568. Springer, 2009. (*parmi les 3 Runner-up papiers pour le prix du meilleur papier sur 128 soumissions*).
- [105] **CHRISTOPHE LECOUTRE, OLIVIER ROUSSEL** et **DJAMEL-EDDINE DEHANI** : WCSP integration of soft neighborhood substitutability. *Dans 18th International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming (CP'12)*, volume 7514 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 406–421. Springer, 2012.
- [106] **CHRISTOPHE LECOUTRE** et **SÉBASTIEN TABARY** : Lightweight detection of variable symmetries for constraint satisfaction. *Dans 21st International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'09)*, pages 193–197. IEEE Computer Society, 2009.
- [107] **CÉDRIC PIETTE** : Let the solver deal with redundancy. *Dans 20th International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'08)*, pages 67–73. IEEE Computer Society, 2008.

- [108] **CÉDRIC PIETTE**, Youssef Hamadi et **LAKHDAR SAÏS** : Vivifying propositional clausal formulae. *Dans 18th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'08)*, pages 525–529, 2008.
- [109] **CÉDRIC PIETTE**, Youssef Hamadi et **LAKHDAR SAÏS** : Efficient combination of decision procedure for mus computation. *Dans 7th International Symposium on Frontiers of Combining Systems (FroCos'09)*, volume 5749 de *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, pages 335–349. Springer, 2009.
- [110] **OLIVIER ROUSSEL** : Behind the scene of solvers competitions : the evaluation experience. *Dans Vladimir Klebanov, Bernhard Beckert, Armin Biere et Geoff Sutcliffe, éditeurs : Comparative Empirical Evaluation of Reasoning Systems (COMPARE'12)*, pages 66–77, 2012.
- [111] **YAKOUB SALHI, SAÏD JABBOUR** et **LAKHDAR SAÏS** : Graded modal logic GS5 and itemset support satisfiability. *Dans Information Search, Integration and Personalization (ISIP'13)*, Communications in Computer and Information Science, pages 131–140. Springer, 2013.
- [112] **LAKHDAR SAÏS** : Portfolio-based parallel SAT solving. *Dans Waleed W. Smari et John P. McIntire, éditeurs : International Conference on High Performance Computing and Simulation (HPCS'10)*, page 331. IEEE Press, 2010.

5.1.6 Communications à des manifestations internationales sans actes ou à diffusion restreinte ou sélectionnées sur base du résumé

- [113] Josep Argelich, **DANIEL LE BERRE**, Inês Lynce, João P. Marques Silva et Pascal Rapi-cault : Solving Linux upgradeability problems using boolean optimization. *Dans Workshop on Logics for Component Configuration (LoCoCo'10)*, pages 11–22, Édinburgh, juillet 2010. (dans le cadre de FloC'10).
- [114] Emmanuel Coquery, Jean-Marc Petit et **LAKHDAR SAÏS** : Using SAT and SQL for pattern mining in relational databases. *Dans 1st Workshop on COmbining COntstraint solving with MIning and LEarning (CoCoMile'12)*, pages 41–46, Montpellier, 2012. (dans le cadre d'ECAI'12).
- [115] Emmanuel Coquery, **SAÏD JABBOUR** et **LAKHDAR SAÏS** : A constraint programming approach for enumerating motifs in a sequence. *Dans International Workshop on Declarative Pattern Mining (DPM'11)*, pages 1091–1097, Vancouver, Canada, 2011.
- [116] Youssef Hamadi, **SAÏD JABBOUR, CÉDRIC PIETTE** et **LAKHDAR SAÏS** : Deterministic parallel DPLL : System description. *Dans Pragmatics of SAT (POS'11)*, pages 127–132, juin 2011. (dans le cadre de SAT'11).
- [117] Mohamed Maiza et **MOHAMMED SAID RADJEF** : Lower total cost for the two-variable sized bin-packing problem. *Dans 18th RCRA International Workshop on Experimental Evaluation of Algorithms for Solving Problems with Combinatorial Explosion (RCRA'11)*, Barcelone, juillet 2011.
- [118] Mohamed Maiza, **LAKHDAR SAÏS** et **MOHAMMED SAID RADJEF** : New lower bounds for the variable sized bin-packing problem with conflicts. *Dans 26th European Conference on Operation Research (EURO-INFORMS'13)*, Rome, Italie, juillet 2013.

- [119] **GILLES AUDEMARD** et Laurent Simon : Glucose 2.1 : Aggressive, but reactive, clause database management, dynamic restarts (system description). *Dans Pragmatics of SAT 2012 (POS'12)*, juin 2012. (dans le cadre de SAT'2012).
- [120] **GILLES AUDEMARD, JEAN-MARIE LAGNIEZ, BERTRAND MAZURE** et **LAKHDAR SAÏS** : Integrating conflict driven clause learning to local search. *Dans 6th International Workshop on Local Search Techniques in Constraint Satisfaction (LSCS'09)*, Lisbonne, septembre 2009. (dans le cadre de CP'09).
- [121] **HACHEMI BENNACEUR, CHRISTOPHE LECOUTRE** et **OLIVIER ROUSSEL** : A decomposition strategy to reduce the search space of solutions of WCSP. *Dans 9th Workshop on Preferences and Soft Constraints (Soft'08)*, pages 73–87, Sydney, Australie, septembre 2008. (dans le cadre de CP'08).
- [122] **FRÉDÉRIC BOUSSEMART, FRED HEMERY, CHRISTOPHE LECOUTRE** et **MOUNY SAMY-MODELIAR** : Efficient constraint propagation for graph coloring. *Dans Latin-American Algorithms, Graphs and Optimization Symposium (LAGOS'11)*, pages 422–427, Bariloche, Argentine, avril 2011.
- [123] **SAÏD JABBOUR**, Nadjib Lazaar, Youssef Hamadi et Michèle Sebag : Cooperation control in parallel SAT solving : a multi-armed bandit approach. *Dans Workshop on Bayesian Optimization and Decision Making*, décembre 2012. (dans le cadre de NIPS'12).
- [124] **SOUHILA KACI** et **CÉDRIC PIETTE** : Ordering intervals : From qualitative temporal constraint problems to preference representation. *Dans 10th Workshop on Preferences and Soft Constraints (SOFT'10)*, St Andrews, Écosse, août 2010. (dans le cadre de CP'10).
- [125] **JEAN-MARIE LAGNIEZ, ÉRIC GRÉGOIRE** et **BERTRAND MAZURE** : A data structure boosting the performance of local search for CSP solving. *Dans International Conference on Metaheuristics and Nature Inspired Computing (META'12)*, Port El-Kantaoui, Tunisie, octobre 2012.
- [126] **DANIEL LE BERRE** et Pascal Rapicault : Dependency management for the Eclipse ecosystem. *Dans Open Component Ecosystems International Workshop (IWOCE'09)*, Amsterdam, août 2009.
- [127] **DANIEL LE BERRE** et Pascal Rapicault : Dependency management for the Eclipse ecosystem : An update. *Dans 3rd International Workshop on Logic and Search (LaSh'10)*, Édinburgh, juillet 2010. (dans le cadre de FloC'2010).
- [128] **DANIEL LE BERRE** et **ANNE PARRAIN** : On SAT technologies for dependency management and beyond. *Dans First Workshop on Software Product Lines (ASPL'08)*, pages 197–200, Limerick, Irlande, septembre 2008.
- [129] **CHRISTOPHE LECOUTRE** et **SÉBASTIEN TABARY** : Abscon 109 : a generic CSP solver. *Dans 2nd International Constraint Solver Competition (CSC'06)*, pages 55–63, Nantes, janvier 2008. (dans le cadre de CP'06).
- [130] **CHRISTOPHE LECOUTRE** et **SÉBASTIEN TABARY** : Abscon 112 : towards more robustness. *Dans 3rd International Constraint Solver Competition (CSC'08)*, pages 41–48, Sydney, Australie, septembre 2008. (dans le cadre de CP'08).
- [131] **CHRISTOPHE LECOUTRE** et **SÉBASTIEN TABARY** : Symmetry-reinforced nogood recording from restarts. *Dans 11th International Workshop on Symmetry in Constraint Satisfaction Problems (SymCon'11)*, pages 13–27, Perugia, Italie, septembre 2011. (dans le cadre de CP'11).

- [132] **LAKHDAR SAÏS**, Mohand-Said Hacid et François Hantry : On the complexity of computing minimal unsatisfiable LTL formulas. *Dans Electronic Colloquium on Computational Complexity (ECC)*, page 69, 2012.

5.1.7 Communications à des manifestations francophones avec comité de lecture

- [133] Kahina Bouchama, **MOHAMMED SAÏD RADJEF** et **LAKHDAR SAÏS** : Calcul d'un z-équilibre d'un jeu fini : Application à la résolution d'un problème CSP. *Dans 9ème Colloque internationale sur l'Optimisation et les Systèmes d'Information (COSI'2012)*, pages 74–87, Belkaïd-Tlemcen, Algérie, mai 2012.
- [134] Youssef Hamadi, **SAÏD JABBOUR**, **CÉDRIC PIETTE** et **LAKHDAR SAÏS** : Concilier parallélisme et déterminisme dans la résolution de SAT. *Dans 7èmes Journées Francophones de la Programmation par Contraintes (JFPC'11)*, pages 163–172, Lyon, juin 2011.
- [135] Youssef Hamadi, **SAÏD JABBOUR** et **LAKHDAR SAÏS** : Réordonnancement dynamique basé sur l'apprentissage. *Dans 5èmes Journées Francophones de la Programmation par Contraintes (JFPC'09)*, pages 295–304, Orléans, juin 2009.
- [136] Youssef Hamadi, **SAÏD JABBOUR** et **LAKHDAR SAÏS** : Subsumption dirigée par l'analyse de conflits. *Dans 5èmes Journées Francophones de la Programmation par Contraintes (JFPC'09)*, pages 105–114, Orléans, juin 2009.
- [137] **GILLES AUDEMARD**, Lucas Bordeaux, Youssef Hamadi, **SAÏD JABBOUR** et **LAKHDAR SAÏS** : Un cadre général pour l'analyse des conflits. *Dans 4èmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'08)*, pages 267–276, Nantes, juin 2008.
- [138] **GILLES AUDEMARD**, **BENOÎT HOESSEN**, **SAÏD JABBOUR**, **JEAN-MARIE LAGNIEZ** et **CÉDRIC PIETTE** : Résolution parallèle de SAT : mieux collaborer pour aller plus loin. *Dans 8èmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'12)*, pages 35–44, Toulouse, mai 2012.
- [139] **GILLES AUDEMARD**, **BENOÎT HOESSEN**, **SAÏD JABBOUR** et **CÉDRIC PIETTE** : Un nouveau cadre diviser pour régner pour SAT distribué. *Dans 9èmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'13)*, pages 51–58, Aix-en-Provence, juin 2013.
- [140] **GILLES AUDEMARD**, **GEORGE KATSIRELOS** et Laurent Simon : Une restriction de la résolution étendue pour les démonstrateurs SAT modernes. *Dans 6èmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'10)*, pages 43–50, Caen, juin 2010.
- [141] **GILLES AUDEMARD**, **JEAN-MARIE LAGNIEZ** et Laurent Simon : Du glucose en goutte à goutte pour les coeurs insatisfaits. *Dans 9èmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'13)*, pages 59–66, Aix-en-Provence, juin 2013.
- [142] **GILLES AUDEMARD**, **JEAN-MARIE LAGNIEZ** et **BERTRAND MAZURE** : Approche hybride pour SAT. *Dans 17ième Congrès Francophone sur la Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle (RFIA'10)*, pages 279–286, Caen, janvier 2010.
- [143] **GILLES AUDEMARD**, **JEAN-MARIE LAGNIEZ**, **BERTRAND MAZURE** et **LAKHDAR SAÏS** : Analyse de conflits dans le cadre de la recherche locale. *Dans 5èmes Journées Francophones de la Programmation par Contraintes (JFPC'09)*, pages 215–224, Orléans, juin 2009.

- [144] **GILLES AUDEMARD, MOUNY SAMY-MODELIAR** et Laurent Simon : Pourquoi les solveurs SAT modernes se piquent-ils contre des cactus ? *Dans 5ièmes Journées Francophones de la Programmation par Contraintes (JFPC'09)*, pages 245–253, Orléans, juin 2009.
- [145] **HACHEMI BENNACEUR, CHRISTOPHE LECOUTRE** et **OLIVIER ROUSSEL** : Une technique de décomposition pour Max-CSP. *Dans 4ièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'08)*, pages 219–226, Nantes, juin 2008.
- [146] **FRÉDÉRIC BOUSSEMARY, FRED HEMERY, CHRISTOPHE LECOUTRE** et **MOUNY SAMY-MODELIAR** : Contrôle statistique du processus de propagation de contraintes. *Dans 7ièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'11)*, pages 65–74, Lyon, juin 2011.
- [147] **ASSEF CHMEISS, VINCENT KRAWCZYK** et **LAKHDAR SAÏS** : La redondance dans les CSPs. *Dans 4ièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'08)*, pages 173–180, Nantes, juin 2008.
- [148] **JEAN-FRANÇOIS CONDOTTA** : Cohérence de réseaux de contraintes qualitatives spatio-temporelles à partir de décompositions arborescentes. *Dans Journées Nationales de l'Intelligence Artificielle Fondamentale (IAF'11)*, Lyon, 2011.
- [149] **JEAN-FRANÇOIS CONDOTTA**, G. Ligozat et **MAHMOUD SAADE** : Eligibilité et gel de contraintes pour la résolution de réseaux de contraintes qualitatives temporelles et spatiales. *Dans 16ième congrès francophone Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle (RFIA'08)*, Amiens, janvier 2008.
- [150] **JEAN-FRANÇOIS CONDOTTA**, Issam Nouaouri, Allaoui Hamid et Gilles Goncalves : Problèmes de contraintes hybrides pour l'ordonnancement d'activités. *Dans 7ièmes Journées de l'Intelligence Artificielle Fondamentale (IAF'13)*, Aix-en-Provence, juin 2013.
- [151] **JEAN-FRANÇOIS CONDOTTA** et **DOMINIQUE D'ALMEIDA** : Représentation de contraintes qualitative pour le temps et l'espace en SAT. *Dans 16ième congrès francophone Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle (RFIA'08)*, pages 268–275, Amiens, janvier 2008.
- [152] **JEAN-FRANÇOIS CONDOTTA** et **DANIEL LE BERRE** : Résolution de contraintes qualitatives pour le temps et l'espace par SAT à partir de treillis. *Dans Raisonnement sur le temps et l'espace et applications en analyse et en interprétation d'images ou de vidéos (RTE'12)*, Lyon, janvier 2012. dans le cadre de RFIA'2012 - Actes électroniques.
- [153] **DOMINIQUE D'ALMEIDA** et **LAKHDAR SAÏS** : Recherche de la substituabilité par l'arc-cohérence de singleton. *Dans 5ièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'09)*, pages 385–394, Orléans, juin 2009.
- [154] **DJAMEL-EDDINE DEHANI, CHRISTOPHE LECOUTRE** et **OLIVIER ROUSSEL** : Coherences de tuples pour WCSP. *Dans 9ièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'13)*, pages 105–113, Aix-en-Provence, juin 2013.
- [155] **OLIVIER FOURDRINOY, ÉRIC GRÉGOIRE, BERTRAND MAZURE** et **LAKHDAR SAÏS** : Réduction d'instances de SAT vers des instances polynomiales. *Dans 16ième congrès francophone Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle (RFIA'08)*, pages 388–396, Amiens, janvier 2008.
- [156] **NEBRAS GHARBI, FRED HEMERY, CHRISTOPHE LECOUTRE** et **OLIVIER ROUSSEL** : STR et compression de contraintes tables. *Dans 9ièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'13)*, pages 143–146, Aix-en-Provence, juin 2013.

- [157] **ÉRIC GRÉGOIRE, BERTRAND MAZURE et CÉDRIC PIETTE** : Explication et réparation de l'incohérence dans les CSP : de la contrainte au tuple. *Dans 16ième congrès francophone Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle (RFIA'08)*, pages 258–267, Amiens, janvier 2008.
- [158] **ÉRIC GRÉGOIRE, BERTRAND MAZURE et CÉDRIC PIETTE** : Localiser des sources d'incohérence spécifiques sans les calculer toutes. *Dans 5ièmes Journées Francophones de la Programmation par Contraintes (JFPC'09)*, pages 95–104, Orléans, juin 2009.
- [159] **LONG GUO, SAÏD JABBOUR et LAKHDAR SAÏS** : Stratégies d'élimination des clauses apprises dans les solveurs SAT modernes. *Dans 9ièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'13)*, pages 147–156, Aix-en-Provence, juin 2013.
- [160] **SAÏD JABBOUR, JERRY LONLAC et LAKHDAR SAÏS** : Intensification search in modern SAT solvers. *Dans 8ièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'12)*, pages 156–159, Toulouse, mai 2012.
- [161] **SAÏD JABBOUR, JERRY LONLAC et LAKHDAR SAÏS** : Résolution étendue par substitution dynamique des fonctions booléennes. *Dans 8eme Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'12)*, pages 146–155, Toulouse, mai 2012.
- [162] **SOUHILA KACI et CÉDRIC PIETTE** : Looking for the best and the worst. *Dans Colloque sur l'Optimisation et les Systèmes d'Information (COSI'09)*, Annaba, Algérie, mai 2009.
- [163] **DANIEL LE BERRE, Emmanuel Lonca, PIERRE MARQUIS et ANNE PARRAIN** : Optimisation multicritère pour la gestion de dépendances logicielles : utilisation de la norme de Tchebycheff. *Dans 18ième congrès francophone sur la Reconnaissance des Formes et l'Intelligence Artificielle (RFIA'12)*, janvier 2012.
- [164] **DANIEL LE BERRE et EMMANUEL LONCA** : Réutiliser ou adapter les prouveurs SAT pour l'optimisation booléenne. *Dans 9ièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'13)*, pages 185–194, Aix-en-Provence, juin 2013.
- [165] **CHRISTOPHE LECOUTRE, NICOLAS PARIS, OLIVIER ROUSSEL et SÉBASTIEN TABARY** : Propagation des contraintes tables souples – étude préliminaire. *Dans 8ièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'12)*, pages 196–201, Toulouse, mai 2012.
- [166] **CHRISTOPHE LECOUTRE, NICOLAS PARIS, OLIVIER ROUSSEL et SÉBASTIEN TABARY** : Résolution du problème WCSP par extraction de noyaux insatisfiables minimaux. *Dans 9ièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'13)*, pages 195–204, Aix-en-Provence, juin 2013.
- [167] **CHRISTOPHE LECOUTRE et OLIVIER ROUSSEL** : Cohérences basées sur les valeurs en échec. *Dans 5ièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'09)*, pages 355–363, Orléans, juin 2009.
- [168] **CHRISTOPHE LECOUTRE, OLIVIER ROUSSEL et DJAMEL-EDDINE DEHANI** : Substituabilité au voisinage pour le cadre WCSP. *Dans 8ièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'12)*, pages 91–100, Toulouse, mai 2012.
- [169] **CHRISTOPHE LECOUTRE et SÉBASTIEN TABARY** : Des symétries locales de variables aux symétries globales. *Dans 4ièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'08)*, pages 181–190, Nantes, juin 2008.
- [170] **CHRISTOPHE LECOUTRE, SÉBASTIEN TABARY et VINCENT VIDAL** : Identification et exploitation d'états partiels. *Dans 5ièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'09)*, pages 365–374, Orléans, juin 2009.

- [171] **CÉDRIC PIETTE** : Redondance dans les CNF : laissons le solveur agir. *Dans Journées Nationales de l'Intelligence Artificielle Fondamentale (IAF'08)*, Paris, octobre 2008.
- [172] **CÉDRIC PIETTE**, Youssef Hamadi et **LAKHDAR SAÏS** : Vivification de formules propositionnelles clausales. *Dans 4ièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'08)*, pages 277–286, Nantes, juin 2008.
- [173] **MOHAMMED SAÏD RADJEF**, Naouel Halimi, Kahina Bouchama et Assia Amer : Développement d'une métaheuristique hybride pour la résolution d'un problème de job-shop flexible multicritère au niveau du complexe cevital de béjaia. *Dans Colloque sur l'Optimisation et les Systèmes d'Information (COSI'11)*, Guelma, Algérie, avril 2011.
- [174] **LAKHDAR SAÏS**, Jean-Marc Petit et Lhouari Nourine : Approches déclaratives pour l'énumération de motifs intéressants. *Dans 8ièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC'12)*, page 4, Toulouse, mai 2012.

5.2 Logiciels

Nous ne présentons ici qu'une sélection de plates-formes et outils logiciels développés au CRIL et qui relèvent de l'axe thématique AIC. Un inventaire plus complet et tenu à jour des logiciels téléchargeables du CRIL est disponible depuis <http://www.cril.univ-artois.fr/spip.php?rubrique4>.

runSolver

URL : <http://www.cril.univ-artois.fr/~rousseau/runsolver/>

Statut : logiciel libre, licence GNU GPL.

Concepteur : Olivier Roussel.

Les compétitions de solveurs ont nécessité le développement d'un outil de contrôle de l'exécution d'un solveur nommé *runsolver* [21] (disponible en licence GPL) ainsi qu'un système permettant de lancer des solveurs sur un jeu de tests, de vérifier leurs réponses et d'obtenir automatiquement un classement et le détail des expérimentations sous la forme de pages web (voir les sites des compétition cités par ailleurs). L'article [110] présente certains des pièges que l'on doit éviter quand on doit organiser une compétition de solveurs et décrit la solution adoptée lors des compétitions organisées au CRIL.

SAT4J

URL : <http://www.sat4j.org/>

Statut : logiciel libre, double licence GNU GPL et EPL.

Concepteurs : Daniel Le Berre, Emmanuel Lonca, Anne Parrain et Stéphanie Roussel.

SAT4J [13] (<http://www.sat4j.org/>) est une bibliothèque libre en Java de résolution de problèmes de satisfaction et d'optimisation en variables booléennes. Il s'agit essentiellement d'une architecture de type CDCL adaptée à la résolution de problèmes de type pseudo-booléens. La particularité de SAT4J est d'offrir une vaste panoplie de fonctionnalités par rapport aux autres outils similaires : résolution de problèmes SAT, MAXSAT, MUS, etc. SAT4J a été déposé à l'APP en novembre 2011 par le CNRS et l'Université d'Artois. De par son intégration dans la plateforme ouverte ECLIPSE, il s'agit sans doute du solveur SAT le plus diffusé de la communauté au monde.

PPFOLIO

URL : <http://www.cril.univ-artois.fr/~rousseau/ppfolio/>

Statut : logiciel libre, licence GNU GPL.

Concepteur : Olivier Roussel.

Le portfolio de solveurs PPFOLIO est de conception particulièrement simple puisqu'il consiste à émuler le VBS (« Virtual Best Solveur »), c'est-à-dire à faire tourner en parallèle et sans communication des solveurs ayant des aptitudes complémentaires. PPFOLIO peut apparaître à cet égard comme un outil système pour lancer des solveurs en parallèle et qui a aussi pour objectif de servir d'étalon pour l'évaluation d'autres systèmes parallèles. Il a obtenu de très bons résultats lors des compétitions internationales de solveurs SAT.

ABSCON

URL : <http://www.cril.univ-artois.fr/~lecouteure/software.html>

Statut : logiciel libre, licence CeCILL.

Principal développeur : Christophe Lecouteure.

Participation au développement : Sébastien Tabary, Vincent Perradin et Nicolas Paris.

ABSCON est un solveur écrit en Java qui permet de résoudre des problèmes sous contraintes, aussi bien pour la satisfaction (cadre CSP) que pour l'optimisation (cadres COP et WCSP). ABSCON fait l'objet d'une déclaration de logiciel par le CNRS : DL 03898-01, Licence CeCILL (licence française de logiciel libre). Lors des différentes compétitions de solveurs, ABSCON a obtenu des résultats très positifs.

MANYSAT

URL : <http://www.cril.univ-artois.fr/~jabbour/manysat.htm>

Statut : logiciel libre, licence CECILL.

Concepteurs : Saïd Jabbour, Lakhdar Saïb et Youssef Hammadi (MSRC).

MANYSAT est un solveur SAT parallèle de type portfolio. Il intègre nos résultats sur SAT et sur la résolution parallèle de SAT. MANYSAT a été développé dans le cadre d'un projet de coopération entre le CRIL et Microsoft Research (UK). Il est adapté et intégré dans Microsoft Z3 SMT solver, Microsoft Redmonds, USA. Il a dominé les trois premières compétitions sur la résolution parallèle de SAT. Il a été utilisé pour résoudre des problèmes issues d'applications en cryptographie, en « bounded model checking » et en vérification de logiciels.

LYSAT

URL : <http://www.cril.univ-artois.fr/~jabbour/TGZ/lysat.tgz>

Statut : logiciel libre, licence MIT.

Concepteur : Saïd Jabbour, Lakhdar Saïb et Youssef Hamadi (MSRC).

LYSAT est un solveur SAT de type CDCL incluant toute les fonctionnalités des solveurs SAT modernes (analyse de conflits, heuristique basée sur les activités, etc.) et celles issues de nos résultats récents sur l'amélioration des techniques d'analyse de conflits, subsomption dynamique, restarts dynamiques, etc.

REVIVAL

URL : <http://www.cril.univ-artois.fr/spip.php?article165>

Statut : logiciel libre, licence CECILL.

Concepteurs : Cédric Piette, Lakhdar Saïs et Youssef Hamadi (MSRC).

REVIVAL est une technique de simplification (ou de vivification) de formules CNF. La technique proposée exploite la déduction modulo la propagation unitaire pour la production de sous-clauses. Elle permet aussi d'utiliser différents schémas d'apprentissage pour produire de nouvelles clauses. La vivification peut être intégrée facilement dans un solveur SAT et tirer profit des récents développements.

GLUCOSE

URL : <https://www.lri.fr/~simon/?page=glucose>

Statut : logiciel libre, licence CECILL-C.

Concepteurs : Gilles Audemard et Laurent Simon (LRI).

GLUCOSE est un solveur SAT de type CDCL. Il intègre nos résultats basés sur la qualité des clauses apprises. GLUCOSE a remporté de nombreuses médailles lors des dernières compétitions SAT (2009, 2011, 2012, 2013). Il est aujourd'hui utilisé dans de nombreux outils utilisant les solveurs SAT (recherche de MUS, solveurs pseudo-bouéliens basés sur SAT, etc.).

PENELOPE

URL : <http://www.cril.univ-artois.fr/~hoessen/penelope.html>

Statut : logiciel libre, licence CECILL-A.

Concepteurs : Gilles Audemard, Benoît Hoessen, Saïd Jabbour, Jean-Marie Lagniez et Cédric Piette.

PENELOPE est un solveur SAT parallèle de type portfolio. C'est un descendant de MANYSAT (cité plus haut) utilisant la notion de clauses gelées pour permettre un plus grand échange de clauses apprises. PENELOPE a obtenu de bons résultats aux dernières compétitions SAT (second en 2012 et troisième en 2013).

SATHYS

URL : <http://www.cril.univ-artois.fr/~lagniez/ressource.html>

Statut : logiciel libre, licence CeCILL.

Concepteurs : Gilles Audemard, Jean-Marie Lagniez, Bertrand Mazure et Lakhdar Saïs.

SATHYS (Sat Hybrid Solver) est une méthode hybridant une recherche locale et un solveur SAT moderne, de type CDCL. Ce solveur effectue de manière alternative un processus de recherche exhaustive et de la recherche locale. À chaque nœud de l'arbre de recherche, la recherche locale est utilisée pour étendre le modèle partiel construit par le solveur CDCL. Le solveur CDCL est exécuté de manière conditionnelle par la recherche locale quand un minimum local est atteint.

RCLSOLVER

URL : <http://www.cril.univ-artois.fr/~lagniez/ressource.html>

Statut : logiciel libre, licence CeCILL.

Concepteurs : Éric Grégoire, Jean-Marie Lagniez et Bertrand Mazure.

RCLSOLVER est un solveur CSP dans lequel sont implantées quatre techniques différentes de

résolution : (i) un algorithme de recherche exhaustif avec arc-cohérence (ii) une recherche locale utilisant des structures de données efficaces, inspirées de SAT (iii) un solveur hybride qui introduit le concept de variables dites « FAC » dans les CSP discrets (iv) un extracteur d'ensembles minimaux incohérents qui exploite la rotation de modèles.

CDLS

URL : <http://www.cril.univ-artois.fr/~lagniez/ressource.html>

Statut : logiciel libre, licence CeCILL.

Concepteurs : Gilles Audemard, Jean-Marie Lagniez, Bertrand Mazure et Lakhdar Saïs.

CDLS est un solveur à base de recherche locale pour SAT. À l'image de MINISAT, il exploite l'analyse de conflits utilisée dans l'approche CDCL pour s'échapper de minima locaux et prouver l'insatisfaisabilité.