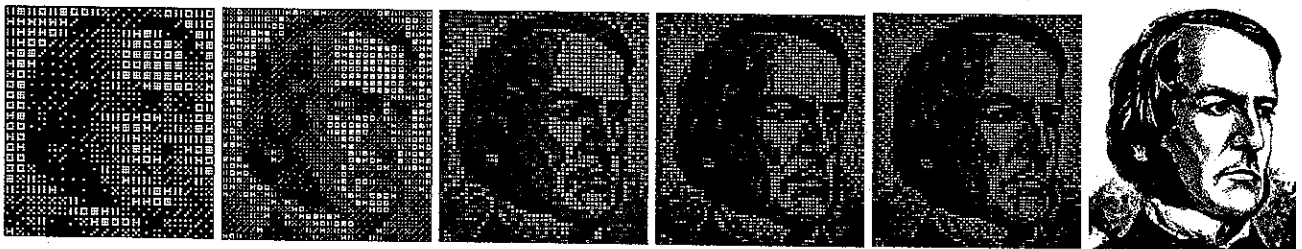




afpc  
**jfpc**  
2008

*Quatrièmes Journées Francophones de  
Programmation par Contraintes*

*Nantes, 4-6 juin 2008*



lina  
LABORATOIRE D'INFORMATIQUE  
DE NANTES ATLANTIQUE

EM  
ECOLE DES MINES DE NANTES

---

# Actes des quatrièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes

---

4-6 juin 2008 – Nantes

## Organisation

Equipe Contraintes  
Laboratoire d'Informatique de Nantes-Atlantique (LINA, UMR6241)  
Ecole des Mines de Nantes, Université de Nantes

## Présidente des journées

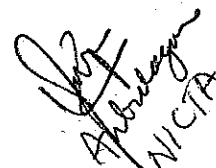
Charlotte Truchet, Laboratoire d'Informatique de Nantes-Atlantique  
Vice-présidente : Catherine de Charette, Ecole des Mines de Nantes

## Président du comité de programme

Gilles Trombettoni, INRIA Sophia, Université de Nice-Sophia

## Comité de programme

|                     |                                 |
|---------------------|---------------------------------|
| Philippe Baptiste,  | LIX, Palaiseau                  |
| Nicolas Beldiceanu, | EMN/LINA, Nantes                |
| Hachémi Bennaceur,  | CRIL, Lens                      |
| Marco Benedetti,    | LIFO, Orléans                   |
| Thierry Benoist,    | Bouygues, Paris                 |
| Hadrien Cambazard,  | 4C, Cork Irlande                |
| Gilles Chabert,     | ENSIETA, Brest                  |
| Philippe Chatalic,  | LRI, Orsay                      |
| Emmanuel Coquery,   | LIRIS, Lyon                     |
| Sophie Demassey,    | EMN/LINA, Nantes                |
| Romuald Debruyne,   | EMN/LINA, Nantes                |
| Yves Deville,       | UCL, Louvain Belgique           |
| Khalil Djelloul,    | LIFO, Orléans                   |
| Mathieu Estratat,   | LIA, Avignon                    |
| Arnaud Gotlieb,     | IRISA, Rennes                   |
| Frédéric Goualard,  | LINA, Nantes                    |
| Youssef Hamadi,     | Microsoft Research, Royaume Uni |



A handwritten signature in black ink is located in the bottom right corner of the page. Below the signature is a rectangular stamp containing the text 'NICTA' in a stylized font.

|                        |                                |
|------------------------|--------------------------------|
| Daniel Le Berre,       | CRIL, Lens                     |
| Christophe Lecoutre,   | CRIL, Lens                     |
| Olivier Lhomme,        | Ilog, Sophia                   |
| Chu Min Li,            | LARIA, Amiens                  |
| Bertrand Neveu,        | INRIA/ENPC, Sophia             |
| Cédric Pralet,         | Onera, Toulouse                |
| Richard Ostrowski,     | LSIS, Marseille                |
| Philippe Refalo,       | Ilog, Sophia                   |
| Louis-Martin Rousseau, | Polytechnique Montréal, Canada |
| Michel Rueher,         | I3S, Sophia                    |
| Frédéric Saubion,      | LERIA, Angers                  |
| Sylvain Soliman,       | INRIA, Rocquencourt            |
| Michel Vasquez,        | EMA, Nîmes                     |
| Stéphane Zampelli,     | UCL, Louvain Belgique          |
| Matthias Zytnicki,     | INRA, Toulouse                 |

### Relecteurs additionnels

Anbulagan, Sylvain Boussier, Olivier Bailleux, Gilles Bernot, Frédéric Besson, Simon Boivin, Florence Charreteur, Assef Chmeiss, Rémi Coletta, Marie-Claude Cote, Thi-Bich-Hanh Dao, Gilles Dequen, Laure Devendeville, Renaud Dumeur, Frédéric Gardi, Pierre-Loïc Garoche, Sandrine-Dominique Gouraud, Djamel Habet, Ulrich Junker, Mohand Ou Idir Khemmoudj, Arnaud Lallouet, Frédéric Lardeux, Yahia Lebbah, Michel Leconte, Florian Letombe, Luigi Liquori, Matthieu Lopez, Arnaud Malapert, Jean-Noël Monette, Sébastien Mouthuy, Claude-Guy Quimper, Olivier Roussel, Vlad Rusu, Jean-Charles Régin, Regis Sabbadin, Marti Sanchez, Jérémie Vautard

### Exposés invités

|                    |   |
|--------------------|---|
| Hachémi Bennaceur, | CRIL, Lens                                  |
| Jacques Pitrat,    | CNRS LIP6, Université Pierre et Marie Curie |
| Lakhdar Saïs,      | CRIL, Lens                                  |

## Préface

Les Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC) sont le principal congrès des communautés de recherche francophones travaillant sur le problème de satisfaction de contraintes (CSP), le problème de la satisfiabilité d'une formule logique propositionnelle (SAT) et/ou la programmation en logique avec contraintes (CLP). La communauté de programmation par contraintes entretient également des liens avec la programmation mathématique (notamment la programmation linéaire en nombres entiers), l'analyse par intervalles (traitant les systèmes d'équations sur les réels), la recherche locale et différents domaines de l'intelligence artificielle. L'importance des JFPC est reflétée par la part considérable, d'environ 25%, de la communauté francophone dans la recherche mondiale dans ce domaine.

Grâce aux langages et aux algorithmes mis en oeuvre dans ses logiciels de résolution (solveurs), la programmation par contraintes permet de résoudre en un temps acceptable un nombre croissant d'instances des problèmes combinatoires difficiles. Ses domaines applicatifs de prédilection en recherche opérationnelle comprennent l'ordonnancement de tâches, la conception d'emplois du temps, des problèmes d'optimisation. L'édition 2008 des JFPC souligne en outre le succès croissant de l'approche dans des domaines applicatifs peu ou pas encore explorés par la communauté : logiciel (test de *bytecode Java*), cryptographie, diagnostic, configuration, raisonnement temporel, systèmes pair-à-pair, jeux combinatoires (Eternity II), traitement d'images. La programmation par contraintes a l'ambition de réduire la programmation à une tâche de modélisation, par des équations, des contraintes, des formules logiques. Un objectif intermédiaire est la réduction de la partie contrôle des algorithmes qui reste fastidieuse pour l'ingénieur. D'où l'intérêt croissant pour la conception d'algorithmes autonomes/adaptatifs et des mécanismes de langage toujours plus génériques.

Les JFPC sont patronnées par l'Association Française pour la Programmation par Contraintes. Elles se veulent un lieu de rencontres, de discussions et d'échanges pour la communauté francophone, en particulier entre thésards, chercheurs plus confirmés et industriels. Cette quatrième édition des JFPC a lieu à Nantes du 4 au 6 juin 2008. Elle fait suite aux manifestations antérieures qui se sont tenues à Rocquencourt (2007), Nîmes (2006) et Lens (2005). Les JFPC sont issues de la fusion des congrès JFPLC (Journées Francophones de la Programmation Logique avec Contraintes) nées en 1992 et JNPC (Journées Nationales sur la Résolution Pratique de Problèmes NP-Complets) nées en 1994. Avant cette fusion, le rapprochement entre les deux communautés s'est traduit, depuis 1998, par l'organisation conjointe des JFPLC et des JNPC : Angers (2004), Amiens (2003), Nice (2002), Marseille (2000), Lyon (1999) et Nantes (1998).

Cinquante et un articles ont été soumis à l'édition 2008 des JFPC, provenant de France, de Belgique, du Maghreb, des Etats-Unis et de pays européens non francophones. Le comité de programme en a sélectionné quarante, auxquels se sont ajoutés le tutoriel de Lakhdar Sais et Hachémi Bennaceur (CRIL, Lens) et la conférence invitée de Jacques Pitrat (LIP6, Paris).

Je tiens à remercier les auteurs des articles soumis, les membres du comité de programme et tous les relecteurs, pour leurs critiques constructives et leur perfectionnisme. Je remercie vivement Charlotte Truchet, pour son omniprésence, son ouverture d'esprit et sa réactivité dans l'organisation de ces journées. Je remercie également les autres membres du comité d'organisation, Guillaume Richaud pour la création du site web, Philippe David pour la réalisation des actes, Sophie Demassey pour la demi-journée industrielle organisée en parallèle des Journées, Nicolas Beldiceanu, Frédéric Benhamou, Romuald Debruyne, Narendra Jussien, Thierry Petit, Emilie Grellier, Julien Menana, Jean-Marie Normand, Jérôme Fortin, Xavier Lorca, Charles Prud'homme et Mohamed Sbihi de l'équipe Contraintes, ainsi que Catherine de Charette, Christine Brassart et Geneviève Maraval, de l'EMN, pour la bonne organisation de ces journées. Je remercie enfin l'AFPC pour son dynamisme et son engagement qui contribuent à la réussite des JFPC.

Enfin nous remercions les partenaires institutionnels et industriels qui nous ont soutenus financièrement : la Région Pays de la Loire, la Communauté Urbaine de Nantes Métropole, l'Université de Nantes, le LINA, la Fédération de Recherche AtlanSTIC, ILOG, Bouygues et Cosytec.

Gilles Trombettoni

## Table des matières

|   |            |
|---|------------|
| <b>Exposés invités</b>  | <b>vii</b> |
| SAT, CSP et PL : un survol des liens et des progrès récents<br>Lakhdar Saïs et Hachémi Bennaceur . . . . .  | vii        |
| Combinatoire et méta-combinatoire<br>Jacques Pitrat . . . . .   | ix         |
| <b>Applications</b>   | <b>1</b>   |
| Analyse de séries temporelles par résolution de contraintes de logique temporelle<br>François Fages et Aurélien Rizk . . . . .  | 1          |
| Raisonnement à contraintes pour le bytecode Java<br>Florence Charreter et Arnaud Gotlieb . . . . .  | 11         |
| Vérification des protocoles cryptographiques avec le langage PDDL et les solveurs SAT<br>Noureddine Aribi et Yahia Lebbah . . . . .   | 21         |
| Importance de la sémantique dans le codage CNF de contraintes de cardinalité : application au diagnostic de SED<br>Anbulagan et Alban Grastien . . . . .                        | 31         |
| Diagnostic distribué à base de modèles sans calcul préalable des conflits<br>Vincent Armant, Laurent Simon et Philippe Dague . . . . .  | 41         |
| Optimisation par colonie de fourmis pour la configuration<br>Patrick Albert, Laurent Henocque et Mathias Kleiner . . . . .  | 49         |
| Une recherche locale stochastique pour le problème de la détermination du gagnant dans les enchères combinatoires<br>Dalila Boughaci, Belaïd Benhamou et Habiba Drias . . . . . | 59         |
| Recherche locale haute performance pour la planification des interventions à France Télécom<br>Bertrand Estellon, Frédéric Gardi et Karim Nouioua . . . . .                     | 69         |
| Une contrainte globale de bin-packing avec précédences : Application au problème d'équilibrage de lignes d'assemblage<br>Pierre Schaus et Yves Deville . . . . .                | 79         |
| Modélisation de problèmes de scheduling avec adversaire en QCSP+<br>Marco Benedetti, Arnaud Lallouet et Jérémie Vautard . . . . .   | 87         |
| Calcul de conséquences pour le test d'extension conservatrice dans un système pair-à-pair<br>Nada Abdallah et François Goasdoué . . . . .                                       | 95         |
| La programmation par contraintes à l'attaque d'Eternity II<br>Thierry Benoist et Eric Bourreau . . . . .  | 105        |
| Hybridation de la programmation par contraintes et d'un voisinage à très grande taille pour Eternity II<br>Pierre Schaus et Yves Deville . . . . .                              | 115        |
| Génération efficace de portraits de dominos<br>Hadrien Cambazard, Barry O'Sullivan, John Horan et Eoin O'Mahony . . . . .   | 123        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>Problème de satisfaction de contraintes (CSP)</b>   | <b>133</b> |
| Réordonnement de domaines dans les réseaux de contraintes<br>Christian Bessière, Thierry Petit et Bruno Zanuttini . . . . .                                  | 133        |
| Formulations linéaires pour la programmation par contraintes<br>Mohand Ou Idir Khemmoudj et Hachémi Bennaceur . . . . .                                      | 143        |
| Complexité de Forward Checking et hiérarchie des décompositions de CSP revisitées<br>Philippe Jégou, Samba Ndojh Ndiaye et Cyril Terrioux . . . . .          | 153        |
| Dynamic Branch-and-Bound distribué<br>Imade Benelallam, Mustapha Belaïssaoui, Redouane Ezzahir et El Houssine Bouyakhf. . . . .                              | 165        |
| La redondance dans les CSPs<br>Assef Chmeiss, Vincent Krawczyk et Lakhdar Saïs . . . . .   | 173        |
| Des symétries locales de variables aux symétries globales<br>Christophe Lecoutre et Sébastien Tabary . . . . .   | 181        |
| Relaxation d'AllDifferent avec préférences<br>Jean-Philippe Métivier, Patrice Boizumault et Samir Loudni . . . . .   | 191        |
| <b>Extensions du problème de satisfaction de contraintes</b>   | <b>201</b> |
| Une nouvelle approche pour le test d'inconsistance de CSP<br>Belaïd Benhamiou et Mohamed Réda Saïdi . . . . .  | 201        |
| Sur la complexité algorithmique des problèmes de satisfaction de contraintes disjonctifs<br>Miki Hermann et Florian Richoux . . . . .                        | 209        |
| Une technique de décomposition pour Max-CSP<br>Hachémi Bennaceur, Christophe Lecoutre et Olivier Roussel . . . . .   | 219        |
| Techniques de décomposition pour l'isomorphisme de sous-graphe<br>Stéphane Zampelli, Yves Deville, Martin Mann et Rolf Backofen . . . . .                    | 227        |
| <b>Problème de satisfaction de contraintes pondéré</b>   | <b>237</b> |
| Cohérence d'arc virtuelle pour les CSP pondérés<br>Martin Cooper, Simon de Givry, Marti Sanchez, Thomas Schiex et Matthias Zytnicki . . . . .                | 237        |
| Heuristiques de choix de voisinage pour les recherches à voisinage variable dans les WCSP<br>Nicolas Levasseur, Patrice Boizumault et Samir Loudni . . . . . | 247        |
| Heuristique de choix de valeur dirigée par H-Quality dans les WCSP<br>Nicolas Levasseur, Patrice Boizumault et Samir Loudni . . . . .                        | 257        |
| <b>Problème de satisfaction de contraintes booléennes (SAT)</b>  | <b>267</b> |
| Un cadre général pour l'analyse de conflits<br>Said Jabbour, Gilles Audemard, Lucas Bordeaux, Youssef Hamadi et Lakhdar Saïs . . . . .                       | 267        |
| Vivification de formules propositionnelles clausales<br>Cédric Piette, Youssef Hamadi et Lakhdar Saïs . . . . .  | 277        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>Extensions du problème de satisfaction de contraintes booléennes</b>  | <b>287</b> |
| Combinaison des règles d'inférence et de la sous-estimation des bornes inférieures pour Max-SAT<br>Chu-Min Li, Felip Manyà, Nouredine Ould Mohamedou et Jordi Planes . . . . .       | 287        |
| Des chaînes d'équivalences dans un codage CNF du problème XSAT<br>Richard Ostrowski et Lionel Paris . . . . .  | 297        |
| Base littérale et certificat pour les formules booléennes quantifiées<br>Igor Stéphan, Benoit Da Mota . . . . .  | 307        |
| LS(Graph) : Un cadre de recherche locale pour des problèmes d'optimisation sous contraintes sur des graphes<br>Pham Quang Dung, Yves Deville et Pascal Van Hentenryck . . . . .      | 317        |
| Un modèle markovien pour GSAT et WalkSAT, résultats préliminaires<br>Charlotte Truchet, Damien Noguès et Narendra Jussien . . . . .  | 327        |
| Programmation par contraintes avec des fourmis<br>Madjid Khichane, Patrick Albert et Christine Solnon . . . . .  | 337        |
| <b>Programmation logique avec contraintes, règles</b>  | <b>349</b> |
| Combinaison de la propagation et de la décomposabilité pour la résolution de contraintes du premier ordre<br>Khalil Djelloul . . . . .   | 349        |
| Des règles aux contraintes avec le langage de modélisation Rules2CP<br>François Fages et Julien Martin . . . . .   | 361        |
| <b>Problème de satisfaction de contraintes sur les réels</b>   | <b>373</b> |
| Un algorithme efficace pour l'approximation rigoureuse d'inégalités universellement quantifiées<br>Alexandre Goldsztejn, Claude Michel, Michel Rueher . . . . .                      | 373        |
| Exploiter les sous-expressions communes dans les CSP numériques<br>Ignacio Araya, Bertrand Neveu, Gilles Trombettoni . . . . .   | 375        |
| <b>Travaux préliminaires</b>   | <b>385</b> |
| Intégration partielle de la consistance de chemin dans la résolution des CSP<br>Assef Chmeiss, Vincent Krawczyk et Lakhdar Saïs . . . . .  | 385        |
| Prouvabilité et correction des formules implicatives<br>Rim Zarrad, Moussa Demba et Khaled Bsaies . . . . .  | 391        |
| Vers le couplage de la conception produit et de la planification projet via une approche par contraintes<br>Mériem Djefel, Elise Vareilles, Michel Aldanondo, Paul Gaborit . . . . . | 397        |
| Optimisation multiobjectif discrète par propagation par contraintes<br>Tristram Gräbener et Alain Berro . . . . .  | 403        |
| Propagation de contraintes avec une liste taboue pour le CSP<br>Mohammad Dib, Alexandre Caminada et Hakim Mabed . . . . .  | 409        |

## Index

- Abdallah Nada, 95  
Albert Patrick, 49, 337  
Aldanondo Michel, 397  
Anbulagan, 31  
Araya Ignacio, 375  
Aribi Noureddine, 21  
Armant Vincent, 41  
Audemard Gilles, 267
- Backofen Rolf, 227  
Belaïssaoui Mustapha, 165  
Benedetti Marco, 87  
Benelallam Imade, 165  
Benhamou Belaïd, 59, 201  
Bennaceur Hachémi, vii, 143, 219  
Benoist Thierry, 105  
Berro Alain, 403  
Bessière Christian, 133  
Boizumault Patrice, 191, 247, 257  
Bordeaux Lucas, 267  
Boughaci Dalila, 59  
Bourreau Eric, 105  
Bouyahf El Houssine, 165  
Bsaiès Khaled, 391
- Cambazard Hadrien, 123  
Caminada Alexandre, 409  
Charreteur Florence, 11  
Chmeiss Assef, 173, 385  
Cooper Martin, 237
- Da Mota Benoit, 307  
Dague Philippe, 41  
de Givry Simon, 237  
Demba Moussa, 391  
Deville Yves, 79, 115, 227, 317  
Dib Mohammad, 409  
Djefel Mériem, 397  
Djelloul Khalil, 349  
Drias Habiba, 59  
Dung Pham Quang, 317
- Estellon Bertrand, 69  
Ezzahir Redouane, 165
- Fages François, 1, 361
- Gaborit Paul, 397  
Gardi Frédéric, 69  
Goasdoué François, 95  
Goldsztejn Alexandre, 373  
Gotlieb Arnaud, 11  
Gräbener Tristram, 403
- Grastien Alban, 31
- Hamadi Youssef, 267, 277  
Henocque Laurent, 49  
Hermann Miki, 209  
Horan John, 123
- Jégou Philippe, 153  
Jabbour Said, 267  
Jussien Narendra, 327
- Khichane Madjid, 337  
Kleiner Mathias, 49  
Krawczyk Vincent, 173, 385
- Lallouet Arnaud, 87  
Lebbah Yahia, 21  
Lecoutre Christophe, 181, 219  
Levasseur Nicolas, 247, 257  
Li Chu-Min, 287  
Loudni Samir, 191, 247, 257
- Métivier Jean-Philippe, 191  
Mabed Hakim, 409  
Mann Martin, 227  
Manyà Felip, 287  
Martin Julien, 361  
Michel Claude, 373
- Ndojh Ndiaye Samba, 153  
Neveu Bertrand, 375  
Noguès Damien, 327  
Nouioua Karim, 69
- O'Mahony Eoin, 123  
O'Sullivan Barry, 123  
Ostrowski Richard, 297  
Ou Idir Khemmoudj Mohand, 143  
Ould Mohamedou Nouredine, 287
- Paris Lionel, 297  
Petit Thierry, 133  
Piette Cédric, 277  
Pitrat Jacques, ix  
Planes Jordi, 287
- Réda Saïdi Mohamed, 201  
Richoux Florian, 209  
Rizk Aurélien, 1  
Roussel Olivier, 219  
Rueher Michel, 373
- Saïs Lakhdar, vii, 173, 267, 277, 385  
Sanchez Marti, 237



Schaus Pierre, 79, 115  
Schiex Thomas, 237  
Simon Laurent, 41  
Solnon Christine, 337  
Stéphan Igor, 307

Tabary Sébastien, 181  
Terrioux Cyril, 153  
Trombettoni Gilles, 375  
Truchet Charlotte, 327

Van Hentenryck Pascal, 317  
Vareilles Elise, 397  
Vautard Jérémie, 87

Zampelli Stéphane, 227  
Zanuttini Bruno, 133  
Zarrad Rim, 391  
Zytnicki Matthias, 237

*Avec le soutien de*



ÉCOLE DES MINES DE NANTES



UNIVERSITÉ DE NANTES



Fédération de recherche en cybernetique, informatique et communication



Changing the rules of business™



**COSYTEC**