

ÉQUIPE CONTRAINTES

Axe « Systèmes d'Aide à la Décision »
Cluster « Contraintes et Optimisation »

Nicolas Beldiceanu

Programmation par Contraintes

- Située au **carrefour** de plusieurs disciplines:
 - Mathématiques discrètes, intelligence artificielle, recherche opérationnelle, algorithmique (**CPAIOR**, **IATCP'07**).
- Des réussites **marquantes**:
 - Ordonnancement, planification, logistique (**SAP**),
 - Configuration (**Tacton**),
- Un socle **industriel**:
 - Des éditeurs spécialisés: **Ilog** et Cosytec,
 - Des sociétés qui recrutent (en 2007): Amadeus, Bouygues, Gaz de France, Ilog, Sagem, Thalès, Total.
- Un développement **académique**:
 - Centre de recherche dédiés aux contraintes: **Cork** (Irlande),
fédération d'universités: **NICTA** (Australie – Canberra, Melbourne, Sidney).
 - Équipe chez **Microsoft Research**: (Cambridge).
 - Des universités qui recrutent à différents niveaux: **Brown** (I. Katriel, C. Kenyon, M. Sellmann),
Cornell (W.-J. Van Hoeve), Melbourne (M. Wallace), Sidney (T. Walsh).

Équipe (2003-2006)

10 permanants (6 EMN, 4 Université)

2 associés (12 et 18 mois)

6 thésards

au 1^{er} janvier 2007

Nom	Fonction	Tutelle	Financement	Compétences	Période				Devenir
					2003	2004	2005	2006	
• N.Beldiceanu	P	EMN		<i>contraintes globales</i>	[Barre rouge continue]				Cork
• F.Benhamou	P	UNIV		<i>contraintes continues</i>	[Barre rouge continue]				
• H. Cambazard	D	EMN	Mines	<i>explications</i>	[Barre rouge continue]				
• M. Christie	M	UNIV		<i>contraintes continues</i>	[Barre rouge continue]				
• P. David	M	EMN		<i>hybridation</i>	[Barre rouge continue]				
• R. Debruyne	M	EMN		<i>consistances</i>	[Barre rouge continue]				Saint-Etienne
• S. Demassey	M	EMN		<i>hybridation, prog.linéaire</i>	[Barre rouge continue]				
• E. Dutang	D	EMN	ANR	<i>informatique</i>	[Barre rouge continue]				
• A. Elkhyari	D	EMN		<i>explications</i>	[Barre rouge continue]				
• É. Grellier	D	IRCCYN	Mines	<i>logistique</i>	[Barre rouge continue]				
• G.-B. Guenver	D	UNIV	MNRT	<i>ordre</i>	[Barre rouge continue]				Orléans
• P.E. Hladik	A	EMN		<i>ordonnancement</i>	[Barre rouge continue]				
• N. Jussien	H	EMN		<i>explications</i>	[Barre rouge continue]				
• J. Leblet	D	UNIV	MNRT	<i>ordre</i>	[Barre rouge continue]				
• X. Lorca	D	EMN	Mines	<i>contraintes globales</i>	[Barre rouge continue]				
• A. Malapert	D	EMN	Mines	<i>logistique</i>	[Barre rouge continue]				Prince Sultan
• J.-M. Normand	D	UNIV	MNRT	<i>contraintes continues</i>	[Barre rouge continue]				
• S. Ouis	D	EMN	Mines	<i>explications</i>	[Barre rouge continue]				
• T. Petit	M	EMN		<i>relaxation</i>	[Barre rouge continue]				
• E. Poder	I	EMN	ANR	<i>ordonnancement</i>	[Barre rouge continue]				
• J.-X. Rampon	P	UNIV		<i>ordre</i>	[Barre rouge continue]				Bouygues
• G. Richaud	D	EMN	BDI	<i>explications</i>	[Barre rouge continue]				
• G. Rochart	D	EMN	MNRT	<i>explications</i>	[Barre rouge continue]				
• R. Sadek	D	EMN	FP6	<i>géométrie</i>	[Barre rouge continue]				
• M. Tounsi	D	EMN	Mines	<i>explications</i>	[Barre rouge continue]				
• C. Truchet	M	UNIV		<i>hybridation</i>	[Barre rouge continue]				Prince Sultan

Thèmes et Collaborations inter-équipe

Apprentissage explications	Contraintes continues	Contraintes discrètes	Logistique ordonnancement	Hybridation	Ordre
<ul style="list-style-type: none"> • N. Beldiceanu • F. Benhamou • H. Cambazard • M. Christie • P. David • R. Debruyne • S. Demassey • E. Dutang • A. Elkhyari • É. Grellier • G.-B. Guenver • P.E. Hladik • N. Jussien • J. Leblet • X. Lorca • A. Malapert • J.-M. Normand • S. Ouis • T. Petit • E. Poder • J.-X. Rampon • G. Richaud • G. Rochart • R. Sadek • M. Tounsi • C. Truchet 	<ul style="list-style-type: none"> • N. Beldiceanu • F. Benhamou • H. Cambazard • M. Christie • P. David • R. Debruyne • S. Demassey • E. Dutang • A. Elkhyari • É. Grellier • G.-B. Guenver • P.E. Hladik • N. Jussien • J. Leblet • X. Lorca • A. Malapert • J.-M. Normand • S. Ouis • T. Petit • E. Poder • J.-X. Rampon • G. Richaud • G. Rochart • R. Sadek • M. Tounsi • C. Truchet 	<ul style="list-style-type: none"> • N. Beldiceanu • F. Benhamou • H. Cambazard • M. Christie • P. David • R. Debruyne • S. Demassey • E. Dutang • A. Elkhyari • É. Grellier • G.-B. Guenver • P.E. Hladik • N. Jussien • J. Leblet • X. Lorca • A. Malapert • J.-M. Normand • S. Ouis • T. Petit • E. Poder • J.-X. Rampon • G. Richaud • G. Rochart • R. Sadek • M. Tounsi • C. Truchet 	<ul style="list-style-type: none"> • N. Beldiceanu • F. Benhamou • H. Cambazard • M. Christie • P. David • R. Debruyne • S. Demassey • E. Dutang • A. Elkhyari • É. Grellier • G.-B. Guenver • P.E. Hladik • N. Jussien • J. Leblet • X. Lorca • A. Malapert • J.-M. Normand • S. Ouis • T. Petit • E. Poder • J.-X. Rampon • G. Richaud • G. Rochart • R. Sadek • M. Tounsi • C. Truchet 	<ul style="list-style-type: none"> • N. Beldiceanu • F. Benhamou • H. Cambazard • M. Christie • P. David • R. Debruyne • S. Demassey • E. Dutang • A. Elkhyari • É. Grellier • G.-B. Guenver • P.E. Hladik • N. Jussien • J. Leblet • X. Lorca • A. Malapert • J.-M. Normand • S. Ouis • T. Petit • E. Poder • J.-X. Rampon • G. Richaud • G. Rochart • R. Sadek • M. Tounsi • C. Truchet 	<ul style="list-style-type: none"> • N. Beldiceanu • F. Benhamou • H. Cambazard • M. Christie • P. David • R. Debruyne • S. Demassey • E. Dutang • A. Elkhyari • É. Grellier • G.-B. Guenver • P.E. Hladik • N. Jussien • J. Leblet • X. Lorca • A. Malapert • J.-M. Normand • S. Ouis • T. Petit • E. Poder • J.-X. Rampon • G. Richaud • G. Rochart • R. Sadek • M. Tounsi • C. Truchet

Thèmes et Collaborations inter-équipe

	• Apprentissage explications	• Contraintes continues	• Contraintes discrètes	• Hybridation	• Logistique ordonnancement
• Contraintes continues		G. Rochart N. Jussien			
• Contraintes discrètes		E. Dutang H. Cambazard N. Jussien	T. Petit N. Beldiceanu M. Christie C. Truchet		
• Hybridation		N. Jussien	C. Truchet	P. David M. Tounsi	
• Logistique ordonnancement		A. Elkhyari N. Jussien G. Richaud		X. Lorca N. Beldiceanu	É. Grellier N. Jussien A. Malapert
• Ordre				N. Beldiceanu X. Lorca J.-X. Rampon	

■ Préliminaire

■ En cours

■ Fini

Présentation des Résultats 2003-2006

Exclus les résultats des personnes ayant intégrées l'équipe dans le dernier trimestre 2006 (mis à part la collaboration avec C.Truchet sur les contraintes globales)

➔ • Résultats directs:

- Publications,
- Logiciels (plates formes et prototypes),
- Transferts technologiques.

• Focus sur trois résultats scientifiques:

- Automates et contraintes,
- Classification de contraintes,
- Explications.

• Résultats indirects:

- Influence au niveau scientifique,
- Utilisation de CHOCO sans notre intervention (en 2006),
- Influence sur la thématique de recherche,
- Contrats.

Publications 2003-2006

- Principales Revues internationales:
 - Constraints, Discrete Mathematics, European Journal of Operational Research.
- Principales Conférences internationales:
 - CP, CPAIOR, ESOP, ICLP, IJCAI.

Publications	2003	2004	2005	2006	Σ
A1. Revues internationales	1	2	6	6	15
A2. Revues nationales	-	2	0	-	2
C. Conférences invitées	-	-	-	-	-
D1. Conférences internationales	5	13	12	6	36
D2. Conférences nationales	8	4	4	8	24
E. Colloques et ateliers à diffusion restreinte	7	5	3	3	18
F1. Ouvrages ou chapitres d'ouvrage scientifique	1	2	3	3	9
F2. Ouvrages ou chapitres d'ouvrage de vulgarisation	-	-	-	2	2
F3. Direction d'ouvrage	-	-	-	-	-
G. Autres manifestations sans actes	-	-	-	-	-
Σ	22	28	28	28	105
H1. Thèses et HDR	4	-	1.5	2	7.5
H2. Dea et Master	-	-	1	-	1
I. Rapports de contrats	-	-	-	-	-
J. Rapports internes	3	5	4	2	14
K. Brevets	-	-	-	-	-
L. Diffusion dans le milieu socio-économique	-	-	-	1	1

Augmentation du nombre de publications dans des revues (par rapport à l'évaluation CNRS 2002)

Logiciels 2003-2006: Plates-Formes

- **CHOCO** (<http://www.choco-solver.net>)
 - **Bibliothèque** de programmation (en Java) par contraintes libre développée avec **Bouygues**.
- **PALM** (<http://www.e-constraints.net/palm/palm.html/>)
 - **Composant** implémentant les explications (fait partie intégrante de CHOCO).
- **Global Constraint Catalog** (<http://www.emn.fr/x-info/sdemasse/gcat/index.html>)
 - **Base de connaissances** sur les contraintes globales (*graphe, automates, invariants, utilisations*) développée avec **SICS**.

Logiciels 2003-2006: Prototypes

- **automates** (Constraint05)
 - Reformulation d'automates en réseaux de contraintes développé avec **SICS**.
- **aide à la modélisation** (IJCAI'07)
 - Apprentissage de contraintes globales implicites (avec le **LIRMM**).
- **visualisation** (RNTL OADYMPPAC)
 - VISEXP: outils pour la visualisation d'explications.
- **emplois du temps** (2004)
 - gestion des emplois du temps à l'EMN pour les 3^{èmes} année.
- **Sudoku** (2005)
 - Didacticiel utilisant les explications (<http://njussien.e-constraints.net/sudoku/>).
- **Oedipe** (2005-2006)
 - Problèmes de placement (hors ligne) pour systèmes temps réels (avec l'**IRCCyN**, <http://oedipe.rts-software.org/>).
- **phylogénie** (fin 2006)
 - Reconstruction d'arbre (en CHOCO, avec le **Linnaeus Centre for Bioinformatics**).

Transferts Technologiques

- En 2004: **explications pour les algorithmes de flot** (logiciel pour **Bouygues**)
- En 2005: **contraintes d'ordonnancement expliquées** (logiciel pour **Bouygues**)
- En 2006: **heuristiques** (logiciel pour **Bouygues**)
- En 2006: **couplage PPC/PL** (conseil pour **Total**)

- Résultats directs:
 - Publications,
 - Logiciels (plates formes et prototypes),
 - Transferts technologiques.

 • **Focus sur trois résultats scientifiques:**

- Automates et contraintes,
 - Classification de contraintes,
 - Explications.
-
- Résultats indirects:
 - Influence au niveau scientifique,
 - Utilisation de CHOCO sans notre intervention (en 2006),
 - Influence sur la thématique de recherche,
 - Contrats.

Automates

QUESTION

Comment générer de **manière mécanique** un algorithme de filtrage **correct** pour une **contrainte globale** ?

RÉSULTAT

En utilisant un automate reconnaissant les solutions de la contrainte globale (et en convertissant l'automate en un système de contraintes).

IMPORTANCE

PRATIQUE

THÉORIQUE

CE INDUSTRIELLE

*tout un pan de contraintes pour lequel **plus besoin de développer d'algorithmes**. réouvre la voie pour l'étude des **réseaux structurés de contraintes**, réinjecte les différentes **classes d'automates** dans le domaine des contraintes. automates de **contrôle** (utilisant une information partielle).*

AUTOMATES ET CONTRAINTES

RÉSEAUX DE CONTRAINTES

Vempaty, AAAI'92

Amilhastre, PhD'99

CONTRAINTES GLOBALES

Beldiceanu, Carlsson, SICS Technical report T2002-17, 2002

Beldiceanu, Carlsson, SICS Technical report T2002-18, 2002

Beldiceanu, Carlsson, ESOP'04

Beldiceanu, Carlsson, Petit, CP'04

Pesant, CP'04

van Hoesve, Pesant, Rousseau, workshop CP'04

Beldiceanu, Carlsson, Debruyne, Petit, Constraint, 2005

van Hoesve, Pesant, Rousseau, Constraint, 2006

Demasse, Pesant, Rousseau, Constraint, 2006

M. Sellman, CP'06

C. Bessière, T. Walsh, workshop CP'06

Cambazard, Jussien, Richaud, Sullivan, workshop CP'06

1^{ère} utilisation dans le cadre des contraintes globales



Catalogue

QUESTION

Peut on décrire de manière **explicite** le sens d'une contrainte globale et en **dériver** un algorithme de filtrage ?

RÉSULTATS

Aspect déclaratif (*consolidation*)

Représente une contrainte comme la recherche d'un **graphe vérifiant certaines propriétés** de graphes.

Aspect procédural (*nouveau*)

- **Bornes** sur les propriétés de graphe
- Maintenance de bornes
- **Invariants** liant plusieurs propriétés

IMPORTANCE

PRATIQUE

THÉORIQUE

INDUSTRIELLE

générer des contraintes globales en assemblant des composants élémentaires.

se réconcilier avec la logique (mais une «logique» sur les graphes).

dans un problème industriel il y a bien souvent des contraintes exotiques, (même si elles sont peu nombreuses, ce sont elles qui posent problème)

DESCRIPTION DE CONTRAINTES GLOBALES ET GRAPHERS

Beldiceanu, séminaire Dagstuhl, 2000

Beldiceanu, CP'00 (*description*)

Beldiceanu, Carlsson, Rampon, SICS Technical report T2005-08

Beldiceanu, Carlsson, Rampon, Truchet, CP'05 (*invariants*)

Beldiceanu, Petit, Rochart, CP'05 (*bornes*)

Deville, Doms, Dupont CP'05 (*CP-graph*)

Beldiceanu, Carlsson, Demasse, Petit, CP'06 (*bornes*)

Beldiceanu, Carlsson, Demasse, Petit,
"Global Constraint Catalogue: Past, Present and Future",
Constraint 06 (*bilan et perspectives*)

Doms, thèse Louvain la Neuve, 2006, (*CP-graph*)

Demasse, 2006

(*site web*: <http://www.emn.fr/x-info/sdemasse/gcat/index.html>)

Explications

QUESTION

Comment convaincre la communauté d'adopter la notion d'explication ?

RÉSULTATS

- **Implémentation**

- instrumentation de ctr. globales,
- mise en place d'un cadre non intrusif.

- **Utilisation**

- analyse et débogage,
- exploration et décomposition.

IMPORTANCE

PRATIQUE

THÉORIQUE

INDUSTRIELLE

*rendre possible l'utilisation d'explications dans un solveur autre que CHOCO.
vision des explications comme la notion de dualité en programmation linéaire.
réponse à une demande croissante de «justification» (voir contrats avec Bouygues).*

Jussien, thèse en 1997

Jussien, HDR 2003

Rochart, Jussien, JNPC 04

Elkhyari, Guéret, Jussien , PMS04

Cambazard, Hladik, Déplanche, Jussien, Trinquet, CP 04

Rochart, Jussien, JEDAI 05

Rochart, Jussien, JFPC 05

Ghoniem, Cambazard, Fekete, Jussien,SOFTVIS 05

Cambazard, Jussien, CP 05

Cambazard, Demazeau, Jussien, David, LNCS (PATAT) 05

Verfaillie, Jussien, Constraints 05

Pralet, Verfaillie, RAIRO 05

Cambazard, Jussien, Constraints 06

Cambazard, Jussien, RAIRO 07

- Résultats directs:
 - Publications,
 - Logiciels (plates formes et prototypes),
 - Transferts technologiques.
- Focus sur trois résultats scientifiques:
 - Automates et contraintes,
 - Classification de contraintes,
 - Explications.
- ➔ • **Résultats indirects:**
 - Influence au niveau scientifique,
 - Utilisation de CHOCO sans notre intervention (en 2006),
 - Influence sur la thématique de recherche,
 - Contrats.

Influence au Niveau Scientifique

- **Automates** (2002, 2004) intégrés dans **Gecode**, **SICStus**, **Solver**.
- **Contrainte cumulatives** à CP'2002 de N. Beldiceanu, LNCS 2470, p. 63-79
intégré dans **Gecode** en 2005, voir <http://www.gecode.org>
- **Explications** (projet à Cork en recrutant un de nos thésards – H. Cambazard)

- **Articles directement inspirés ou étendant un de nos articles:**
 - **Contrainte nvalue** à CP'2001 de N. Beldiceanu, LNCS 2239, p.211-224
étendu par C. Bessière *et al.* à **CPAIOR'05**, LNCS 3524, p.79-93.

 - **"Decision repair"** à AI Journal vol.139(1), p. 21-45
repris par C. Pralet et G. Verfaillie dans l'article **RAIRO Oper. Res.** vol 39 (2005) 55-74.

 - **Automates et réseaux de contraintes Berges acyclique** à CP'2004, LNCS 3258, p. 107-122
repris par C. Bessière *et al.* à **CPAI'06**.

 - **Singleton arc consistency** de R. Debruyne et C. Bessière à IJCAI'97, pages 412–417
nouvelle approche pour maintenir la SAC par C. Lecoutre et C. Stéphane à **IJCAI'05**, p.199-204.

 - **Contrainte soft_alldifferent** à CP'2001 de T. Petit *et al.*, LNCS 2239, p. 451-463
résolue complètement par W.-J. van Hoeve *et al.*, **Journal of Heuristics** 12 (4-5), p. 347-373, 2006.

Utilisation de CHOCO sans notre Intervention (en 2006)

- **Dassault aviation** *(planification)*
<http://www.dassault-aviation.com/home/>
- **KLS** *(problème de placement pour Peugeot)*
<http://www.kls-logistic.fr/>
- **Université de Glasgow**, P. Prosser *(phylogénie)*
<http://www.dcs.gla.ac.uk/publications/paperdetails.cfm?id=8348>

Plus tout ce que l'on ne connaît pas ...

Influence sur la Thématique de Recherche

- **Next 10 years of Constraint Programming, Nantes CP'2006**

Eugene Freuder (4C) – Importance des *explications*

Jean-Charles Régin (Ilog) – Importance des *contraintes globales*

- **ATCP'07 Algorithmic topics in Constraints Programming**

<http://atcp07.cs.brown.edu/>

comité de programme:

École Polytechnique, **École des Mines de Nantes/LINA**, ILOG,
Univ. of Aarhus, MPII, Univ. of Padova, Univ. of Rome "Tor Vergata",
Brown Univ., Univ. of California - Irvine, Carnegie Mellon University, Cornell, HP Labs,
Polytechnique Montreal, Univ. of Waterloo.

*Domaine initié par notre rencontre avec K. Mehlhorn et G. Italiano en 2000 à Paris,
voir aussi article ICALP'2000:*

<http://dblp.uni-trier.de/rec/bibtex/conf/icalp/Mehlhorn00>

Contrats

Année signature	Organisme	Période (début - fin)	Montant Euros (part équipe)
2006	STREP netWMS <i>ctr. géométriques</i>	2006/2009	240 608
	Σ contrats européens (5-6ième PCRD)		240 608
2004	Bouygues <i>explications (ctr. de flot)</i>	2004	15 000
2005	Bouygues <i>explications (ordonnancement)</i>	2005	7 500
2005	Atlanstic <i>ordonnancement temps réel</i>	2005	9 500
2005	Atlanstic	2005	2 000
2006	Bouygues <i>heuristiques</i>	2006	10 000
2006	RIAM SEISM <i>ctr. & visualisation</i>	2006/2008	140 000
2006	ANR blanc CANAR <i>apprentissage</i>	2006/2009	131 703
2006	Total <i>couplage ppc-pl</i>	2006	3 000
2006	ADEME <i>logistique</i>	2007/2010	≥100 000
	Σ contrats nationaux (ANR)		≥417 703

netWMS: ERCIM (France), CEA (France), INRIA (France), SICS (Suède), Fiat (Italie), KLS (France), Mind2Biz (Turquie), Peugeot (France), WideScope (Portugal).

SEISM: École du Design (Nantes), Succubus (Nantes).

CANAR: Universités de Caen, Montpellier, Orléans.

ADEME: Universités de Picardie Jules-Verne, LIP6, Bénédicte, EuroMedTextile.

Coopérations Nationales

IRCCyN(SLP-STR)/Nantes,
A.-M. Deplanche, P. Dejax, C. Guéret,
P. E. Hladik, Z. Lu, Y. Trinquet,
ordonnancement temps réel, logistique,
12 articles, 3-thèses co-encadrées, LMD

coopérations avec un industriel

Succubus & École du Design/Nantes,
ctr. et visualisation,
RIAM Seism

Bouygues/Paris,
F. Laburthe, T. Benoist, G. Rochart,
explications, ctr. de graphe,
3 contrats, 3 articles

Ilog/Sophia Antipolis,
J.-C. Régin,
sur-contraints,
1 article

LERIA/Angers,
V. Barichard,
ctr. et multiobjectif,
1 article

LIRMM/Montpellier,
C. Bessière, É. Bourreau,
filtrage, apprentissage, chemin,
5 articles, ANR CANAR
(1 thèse co-encadrée)

INRIA/Rocquencourt,
F. Fages,
ctr. géométriques,
2 visites et 2 séminaires,
Total, STREP netWMS

coopérations locales

LAAS/Toulouse,
C. Artigues,
ordonnancement,
1 visite pour 1 livre en cours

ONERA/Toulouse,
G. Verfaillie,
ctr. dynamiques,
1 article

LIFO/Orléans,
G. Ferrand, A. Lallouet,
explications,
1 article, ANR CANAR



Coopérations Internationales

Université Concordia/Canada,
V. Chvátal (**1 visite**, **1 workshop**)

Polytechnique Montréal/Canada,
G. Pesant, L.-M. Rousseau
(**co-encadrement de thèse** – *tournées*,
2 articles – *automates*)

S. Demassey

SICS/Suède, M. Carlsson
(*ctr. de graphes, automates*:
4 visites, **8 articles**, **STREP netWMS**)

NII/Japon, H. Hosobe
(**1 visite**, **1 séminaire**)

Max Plank, Åhrus, S. Thiel,
I. Katriel (*ctr. de graphe*: **5 articles**)

4C/Irlande, B. O'Sullivan
(*nogoods et automates*:
bourse Ulysse, **livre en cours**,
1 article & **1 PostDoc**)

N. Jussien
H. Cambazard
A. Malapert
G. Richaud

N. Beldiceanu
R. Debruyne
T. Petit
X. Lorca

Université d'Uppsala/Suède,
P. Flener (*arbres/phylogénie*:
1 visite – **bourse EU**, **2 articles**)

Louvain la Neuve/Belgique, G. Dooms,
L. Quesada (*ctr. de graphe*: **2 visites**
à Nantes)

BUTE/Hongrie, A. Recski
(*ctr. de graphe*: **1 visite**, **1 séminaire**)

PROJET DE RECHERCHE

1. RECHERCHE APPLIQUÉE
2. RECHERCHE AMONT

Recherche Appliquée (motivées par des applications concrètes)

• Placements

- Visualisation de scénario de jeux pour **SUCCUBUS [SEISM]**,
- Problèmes de placements **[netWMS]** avec **Peugeot** et **KLS**,
- Cinématographie virtuelle interactive.

Visualisation de graphe en 3 dimensions

Objets bougeant dans le temps
Règles métiers de placement

• Distribution

- Couplage placement/tournées **[netWMS]**,
- Tournées "propres" **[LMD]**.

Problèmes de chemins avec coût
(cycles de coût négatif et contraintes supplémentaires)

• Planification

- Planification de missions avec **Dassault** et **Sagem**,
- Gestion de raffinerie (**Total**).

Problèmes de partitionnement par des chemins avec
règles de synchronisation entre plusieurs chemins

Gestion synchronisée d'un pool de ressources
non-renouvelables (composition de mélanges)

Recherche Appliquée Suscitant de la Recherche Amont

CONSTAT

- Des **langages de règles métiers dédiés** sont présents dans un nombre croissant de domaines applicatifs concernant l'aide à la décision:
 - Règles de placement métiers (Peugeot),
 - Règles de synchronisation (Sagem).

PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE

- **Intégrer ces règles au cœur du processus de résolution** (*au delà de la logique*)
 - Règles de placement métiers (*déduction de nuages de points interdits*),
 - Règles de synchronisation (*raisonnement global sur un graphe normalisé*).

IDÉE CLEF

Traduire l'ensemble des règles sous un **forme normale homogène** sur laquelle on peut propager
(*et donc faire interagir d'un seul coup l'ensemble des règles*)

Recherche Amont (Aspects Algorithmiques): Remarques

- La résolution de contraintes utilisent des algorithmes et techniques **diverses** et **variées** (*filtrage, explication, hybridation, programmation linéaire*).
- On utilise souvent un **nombre limité** d'algorithmes (*couplage, flot, balayage*) sur **des modèles spécifiques**.
- Une **même technique** est utile **dans plusieurs contextes** (*une condition nécessaire peut aussi bien être utilisée en programmation linéaire que pour faire du filtrage en programmation par contraintes*).
- C'est la **reconnaissance** de structures particulières et leur traitement adéquat qui font la force de **CPLEX** (*préprocessing, reformulation, génération de contraintes redondantes*).
- Sur le long terme la principale qualité d'un système c'est la capacité à **faire évoluer** le système par **des personnes différentes que celles qui l'on conçus initialement** (*et pas la capacité du système à résoudre à un instant t un problème donné*).
- Dans le domaine des contraintes, un algorithme peut souvent se comprendre comme **l'interprétation câblée d'une condition**.

Recherche Amont (Aspects Algorithmiques): Fil Rouge

- Identifier, mettre à plat et expliciter les connaissances intervenant dans la résolution de problèmes.
- En effet, à l'inverse d'un algorithme, une connaissance:
 - Peut servir à plusieurs choses,
 - Peut être manipulée formellement,
 - Peut être appréhendée plus facilement.

Exemples typiques de connaissances:

- Un **automate** pour représenter les solutions d'une contrainte (*on peut faire le produit de deux automates pour traiter la conjonction d'une contrainte, ...*),
- **Formules numériques** correspondant à des invariants (*on peut isoler une variable pour déterminer ses valeurs min et max, on peut calculer le degré de violation de la formule pour une instantiation donnée, on peut générer une relaxation linéaire, ...*),
- **Formule donnant une borne** sur une propriété (*permet d'évaluer la borne d'une variable et de filtrer*).
- **Règle de réécriture** (*on peut l'utiliser dans les deux sens: pour reformuler ou pour capturer une structure*).

Recherche Amont (Aspects Algorithmiques): Plan

DIFFICULTÉS

Pour être efficace on a besoin de spécialiser la connaissance (donc de beaucoup de connaissances).

Si l'on veut fédérer différents groupes de la communauté contraintes, il ne faut pas être lié à un système particulier (*personne n'est prêt à abandonner le système que son groupe développe: CHOCO, SICStus, Gecode, Eclipse, ...*)

ROADMAP

- (1) Enrichir la base existante,
- (2) Construire des outils exploitant les connaissances pour différentes tâches (*filtrage, génération d'explication, degré de violation*),
- (3) Couplage avec des systèmes existants (CHOCO et SICStus) pour montrer que cela peut marcher.

STRATÉGIE

- (1) Convaincre d'autres personnes (groupes) à travailler sur le sujet,
- (2) Mise en ligne pour recueillir le retour des personnes,
- (3) Exploiter les projets existant (reformulation dans CANAR),
- (4) Intéresser des industriels et déposer un projet (FP7) dans lequel cette problématique s'intègre naturellement.

Recherche Amont (Prise en Compte de l'Utilisateur)

CONSTAT

- Demande récurrente des utilisateurs de la PPC (Bouygues, Total, Sagem, ...)

PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE

- **Génération systématique d'explications pertinentes** (*et pas au cas par cas comme c'est le cas aujourd'hui*)

IDÉE CLEF

Partir de définition génériques des contraintes telles que les automates, les nuages de points interdits, et l'expression en terme de propriétés de graphes.

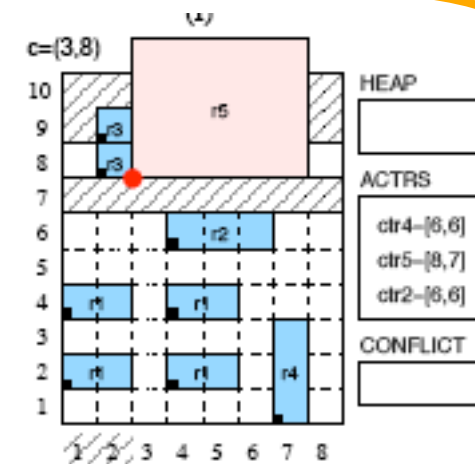
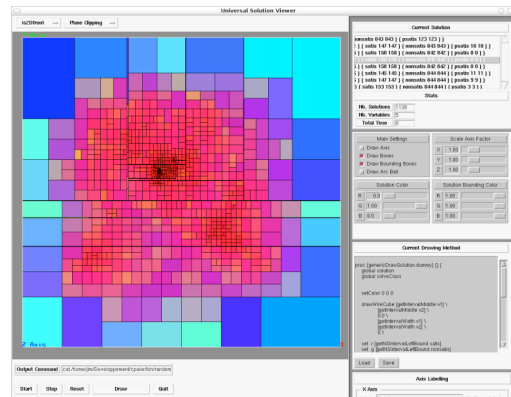
Recherche Amont (Prise en Compte du Temps)

CONSTAT

- Les aspects temporels interviennent de manière récurrente dans de nombreux problèmes réels (*planification de missions, planification de raffineries, planification de trajectoires*).

PROBLÉMATIQUES DE RECHERCHE

- Systèmes dynamiques
 - Modification du modèle au cours du temps,
 - Modification des données au cours du temps
 - Contraintes quantifiées.
- Résolution anytime
 - Solutions approchées,
 - maintien de cohérence,
 - Sensibilité des solutions
 - Contraintes et interactions.
- **Aspects mixtes discret-continu**



Nuages de points interdits/autorisés pour définir des contraintes et propager