

# Présentation de l'équipe Combinatoire et Algorithmique

Ralf Klasing

15 janvier 2015  
Visite du comité de l'HCERES



# Plan

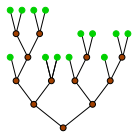
Présentation et quelques résultats récents

Bilan

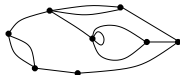
Projet



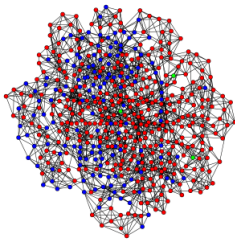
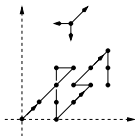
# Structures discrètes



011100110101000...

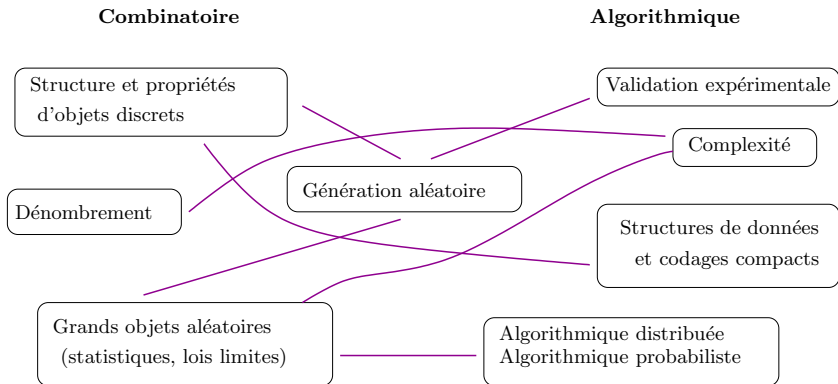


267195348



Graphes, mots, chemins, permutations, arbres, cartes, groupes...

# Sujets de recherche



# Structuration

Trois thèmes...

- ▶ *Algorithmique distribuée*
- ▶ *Graphes et applications*
- ▶ *Combinatoire énumérative et algébrique*

... impliqués dans trois équipes-projets INRIA :

- ▶ CEPAGE : Algorithmique pour les plates-formes dynamiques à grande échelle (arrêtée fin 2013)
- ▶ RealOpt : Reformulations et algorithmes pour l'optimisation combinatoire (IMB)
- ▶ Mnemosyne : modélisation du cerveau (thème Neurosciences et Médecine Numériques), rattachée à CombAlgo 2012 - 2014, puis à MaBioVis

... animés par 4 groupes de travail :

- ▶ 1 par thème + Probabilités et informatique

# Activités en algorithmique distribuée

Un **système distribué** est un *ensemble de nœuds de calculs ou de processus connectés par un réseau de communication*.

## Problématique

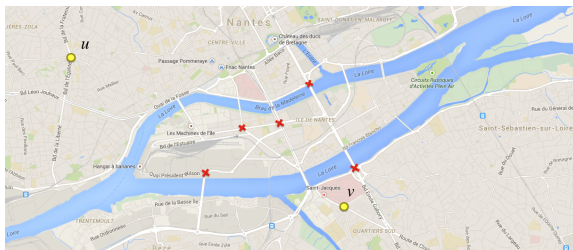
Que peut-on faire dans un **système distribué** **asynchrone**, **dynamique** comportant des **pannes**, en ayant une **connaissance partielle** ?

## Nos spécialités

- ▶ Modèles de calculs distribués, expressivité et preuves formelles
- ▶ Fiabilité et auto-stabilisation
- ▶ Modélisation de grands réseaux et allocations de ressources
- ▶ Algorithmique distribuée probabiliste
- ▶ Données massives distribuées et structures de données compactes

# Maintenir les distances dans un graphe dynamique

**Requête :** *distance approximée entre  $u$  et  $v$  ?*



**Théorème (STOC'12).** *Pour les graphes planaires à  $n$  nœuds :*

- ▶ *distance  $1 + \varepsilon$  approximée*
- ▶ *calcul de distances et mise à jour de la structure de données en temps  $\sqrt{n}$*

[approche distribuée : structure de données basée sur des étiquettes associées aux nœuds]

# Activités en théorie des graphes

## Objectif

Développer la théorie des graphes, dans ses **déclinaisons structurelles** et **algorithmiques**.

## Nos spécialités

- ▶ **optimisation dans les graphes** (colorations, stables, domination, codes correcteurs, sous-graphes couvrants)
- ▶ **analyse structurelle** (partitionnement, codage, couplages, graphes orientés & signés, homomorphismes)
- ▶ **conception d'algorithmes** issus des résultats théoriques : jeux sur les graphes, problèmes de placement



# Nombre chromatique des graphes circulaire-parfaits

**Théorème (Combinatorica, 2013)** : formule close pour le nombre de Lovász des puissances de cycles.

- ▶ Graphes circulaire-parfaits : extension des graphes parfaits (Zhu, 2005).
- ▶ Nombre circulaire chromatique  $\chi_c(G)$  d'un graphe  $G$  : raffinement du nombre chromatique car  $\chi(G) = \lceil \chi_c(G) \rceil$

## Conséquences:

- ▶ le nombre circulaire-chromatique des graphes circulaire-parfaits est calculable en temps polynomial (généralisation du théorème de Grötschel, Lovász & Schrijver sur le nombre chromatique des graphes parfaits, 1981)
- ▶ en collaboration avec le groupe "Cryptographie" de l'IMB (prog. linéaire + analyse + théorie alg. des nombres)

# Activités en combinatoire énumérative et algébrique

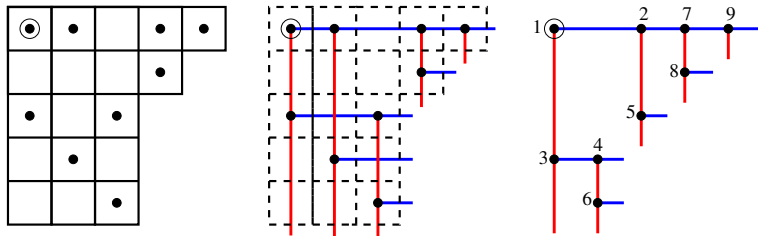
**Étude des structures discrètes**, de leurs relations, et de leur comportement typique.

**Applications :** analyse d'algorithmes, étude de modèles de physique statistique...

## Nos spécialités

- ▶ Combinatoire énumérative
- ▶ Combinatoire algébrique
- ▶ Génération aléatoire
- ▶ Théorèmes limites probabilistes

# Un nouvel objet combinatoire : les tableaux boisés



Un diagramme de Ferrers dont certaines cases sont marquées  
Chaque point possède un point à sa gauche xor au-dessus

**Cet objet apparaît comme un objet clef :**

→ liens bijectifs entre de nombreux objets combinatoires : permutations, tableaux escaliers, tableaux de permutations, tableaux alternatifs; lien avec le PASEP, etc.

introduit dans **[Elec. J. Comb., 2011]**

# Plan

Présentation et quelques résultats récents

Bilan

Projet



# L'équipe

## Permanents

- ▶ 1 janvier 2009 : **31** (+ 1 émérite)
- ▶ 30 juin 2014 : **30** (+ 4 émérites + 2 Mnemosyne)
- ▶ départs : **12** (émérites inclus)
- ▶ arrivées : **11**

## Cohérence de l'équipe

- ▶ La moitié des membres participent régulièrement à plusieurs GTs.

# Production scientifique

## Publications

- ▶ 250 revues internationales à comité de lecture
- ▶ 193 conférences internationales avec actes
- ▶ 59 conférences invitées à des conférences internationales

## Logiciel

- ▶ AlgoKP : algorithmes pour des problèmes de sac à dos orthogonaux
- ▶ Visidia : visualisation d'algorithmes distribués
- ▶ Vizroute : simulation et analyse des algorithmes de routage
- ▶ Sage-Combinat : module pour Sage, système de calcul formel “open-source” [Démo]

## Distinctions

- ▶ M. Bousquet-Mélou: médaille d'argent CNRS, INSMI (2014)
- ▶ M. Bousquet-Mélou: prix Charles-Louis de Saulses de Freycinet, Académie des Sciences (2009)
- ▶ V. Féray: lauréat Fondation Peccot, Collège de France (2012)
- ▶ C. Gavoille: membre junior IUF (2009-2014)
- ▶ A. Kosowski: membre de l'Académie des jeunes scientifiques, Académie polonaise des Sciences (2012-2016)
- ▶ A. Kosowski: prix Witold Lipski pour jeunes chercheurs en Informatique (2009)
- ▶ A. Zvonkine: chaire Gabriel Lamé, Univ. Saint-Pétersbourg (2014)

# Visibilité

## Activités éditoriales

- ▶ *membre du comité éditorial* de 19 revues internationales
- ▶ *membre du comité de pilotage* pour 3 conférences internationales
- ▶ *président ou co-président* de 18 conférences internationales
- ▶ *membre du comité de programme* de 119 conférences internationales

## Organisation de rencontres

- ▶ *organisation* de 22 conférences internationales et 12 nationales (EuroComb 2009, ICALP 2010, SIROCCO 2011, SEA 2012, ...)
- ▶ *création* de deux conférences internationales et nationales (Bordeaux Graph Workshop, Journées de combinatoire de Bordeaux)



## Responsabilités nationales

- ▶ *GDR Informatique Mathématique*  
(resp. pôle *Algorithmique et Combinatoire*,  
co-resp. groupes *Graphes + Complexité et algorithmes*)
- ▶ 2 membres des conseils scientifiques de l'INSMI et de l'INS2I
- ▶ 3 membres du CNU
- ▶ 2 membres du conseil d'administration de la SIF
- ▶ rédacteur en chef de 1024 (bulletin de la SIF)

# Contrats de recherche

## Contrats institutionnels

- ▶ *LIA LIRCO* (coordinateur de la partie française)  
*Laboratoire Intern. Franco-Québécois de Recherche en Combinatoire*
- ▶ *2 projets européens (FP7 STREP, Cost Action)*
- ▶ *4 équipes associées et d'autres projets internationaux*
- ▶ *12 projets ANR* (coordinateur global pour 6)
- ▶ *2 clusters d'excellence*

# Contrats de recherche

## Contrats industriels

- ▶ **SIMID** (projet FUI avec Airbus, Dassault, 2MoRo...) : optimisation de gestion de la maintenance en aéronautique
- ▶ **EULER** (projet européen avec Alcatel Lucent Bell) : routage compact dans Internet
- ▶ **SPEEDDATA** (projet Investissement Avenir "Cloud/Big Data" avec AT-INTERNET) : fouille de données distribuée pour la mesure d'audience du web

# Transfert: projet européen EULER (Alcatel Lucent Bell)

## Motivation

- ▶ Certains routeurs ont  $n > 400\,000$  entrées
- ▶ Croissance  $\#$ routeurs  $>$  progrès matériel des routeurs

⇒ Dégradation des temps de mise à jour et latence des routages

## Notre proposition: routage compact

- ▶ il faut réorganiser les tables de taille sous-linéaire
- ▶ ... en acceptant des petits détours
- ▶ Obtention d'un *schéma de routage générique* : table de taille  $O(\sqrt{n})$  et gain de coût de mise à jour d'un facteur  $\sqrt{n}$  [DISC 2013]
- ▶ Une *heuristique réduisant drastiquement la mémoire/coût...* à **6 entrées en moyenne** par table de routage pour les cartes actuelles de systèmes autonomes

# Formation par la recherche

- ▶ 9 HDRs, 25 thèses, 19 postdocs
- ▶ enseignement + stages master
- ▶ petites écoles locales (combinatoire + école doctorale)
- ▶ cours dans des écoles thématiques nationales et internationales
- ▶ responsabilités locales : école doctorale, UFR, master info

## Diffusion vers d'autres publics

- ▶ vulgarisation (nationale et internationale)
- ▶ création de l'antenne *Maths à modeler en Aquitaine*
- ▶ animation d'ateliers  
(Maths à modeler, Math.en.jeans, Cap Science, Fête de la Science)

# Plan

Présentation et quelques résultats récents

Bilan

Projet



# Difficultés

- ▶ trouver des sources de financements pour la recherche théorique
- ▶ diminution du nombre de postes académiques
- ▶ attirer des étudiants



# Stratégie

- ▶ Renforcer les **collaborations avec les partenaires industriels**
- ▶ Participer à des projets **H2020** (ville intelligente)
- ▶ Renforcer les **collaborations transverses**
- ▶ Animation du **LabEx CPU**

# Stratégie - Renforcer les collaborations transverses

## Interactions en cours avec les autres équipes du LaBRI

- ▶ **Méthodes formelles** : preuves d'algorithmes distribués à l'aide de l'assistant de preuve COQ
- ▶ **MaBioVis** : fouille de données massives et distribuées
- ▶ **Satanas** : modélisation des plates-formes de calcul, ordonnancement
- ▶ **Progress** : maintenance de réseaux logiques dans des environnements fortement dynamiques (drones)

## En projet

- ▶ mise en place de la plate-forme LSD (calcul distribué) avec MaBIOVIS et PROGRESS

# Stratégie - Animation du LabEx CPU

## Réseau d'excellence CPU

LabEx de l'Université de Bordeaux qui traite de "certification numérique et fiabilité". Budget > 1 M euros / an.

Participation à l'axe 3: "Sécurité, fiabilité, décision"  
(> 80 personnes, IMB (Maths), IMS (Électronique) et LaBRI)

- ▶ des membres des trois thèmes émarginent à cet axe
- ▶ le responsable de l'axe est membre de notre équipe

# Projets en algorithmique distribuée

## Thématiques classiques

- ▶ Modèles en algorithmique distribuée
- ▶ Algorithmique déterministe et probabiliste

## Thématiques récentes

- ▶ **Données massives distribuées** et structures de données compactes: algorithmes de flux, approximation, accès concurrents, fiabilité
- ▶ Algorithmique pour la **coordination d'agents mobiles, robots, drones** et les **réseaux véhiculaires**
- ▶ **Preuves d'algorithmes distribués par des méthodes formelles** : DAMPAS
- ▶ **Mémoire transactionnelle**

# Projets en théorie des graphes

## À court terme :

- ▶ étudier les **codes identifiants pondérés**
- ▶ développer une théorie complète des **graphes signés**
- ▶ amplifier nos développements récents en **théorie des jeux combinatoires**

## À plus long terme :

- ▶ concevoir des **algorithmes d'énumération des solutions** d'un problème d'optimisation
- ▶ élaborer des **algorithmes d'approximation** basés sur de **l'optimisation combinatoire exacte**

# Projets en combinatoire énumérative et algébrique

## Thématiques classiques

- ▶ Étude des cartes (ANR GRAAL)
- ▶ Tas de sable
- ▶ Resserrer les liens combinatoire énumérative – algébrique

+ LIA LIRCO avec Montréal (combinatoire algébrique / énumérative...)

## Thématiques émergentes

- ▶ Géométrie discrète aléatoire
- ▶ Systèmes dynamiques discrets
- ▶ Équations différentielles discrètes pour l'énumération
- ▶ Étude des tableaux boisés
- ▶ Automates cellulaires probabilistes

# Un projet pour toute l'équipe

## Méthodes probabilistes en combinatoire et algorithmique

- ▶ *algorithmique distribuée* (aléa utilisé pour briser les symétries)
- ▶ *théorie des graphes* (méthodes probabilistes, modèles de graphes aléatoires)
- ▶ *combinatoire + physique statistique* (objets typiques, génération aléatoire, transitions de phase)

Alexandre Frédéric  
Baudon Olivier  
Bonichon Nicolas  
Boussicault Adrien  
Casse Jerome  
Delmas Olivier  
Duffy Christoffer  
Fortier Quentin  
Glacet Christian  
Halftermeyer Pierre  
Ilcinkas David  
Kardos Frantisek  
Marckert Jean-François  
Milani Alessia  
Pêcher Arnaud  
Rivierre Yvan  
Selig Thomas  
Travers Corentin  
Zvonkine Alexandre

Aval Jean-Christophe  
Beaumont Olivier  
Bonnin David  
Capdevielle Claire  
Cori Robert  
Dorbec Paul  
Duvignau Romaric  
Gavoille Cyril  
Guerry Marine  
Hanusse Nicolas  
Johnen Colette  
Klasing Ralf  
Mazoit Frédéric  
Narbel Philippe  
Pennarun Claire  
Robson Mike  
Sopena Eric  
Viennot Xavier

Bampas Evangelos  
Bianchi Giuliana  
Bousquet-Mélou Mireille  
Carrere Maxime  
Delecroix Vincent  
Duchon Philippe  
Eyraud-Dubois Lionel  
Gillet Noel  
Guibert Olivier  
Hocquard Hervé  
Kamnang-wanko Patrick  
Le Borgne Yvan  
Métivier Yves  
Ouled-abdallah Nesrine  
Raspaud André  
Rougier Nicolas  
Tout Omar  
Zemmari Akka