



Optimisation Combinatoire sur Grilles

Prof. El-Ghazali TALBI

OPAC (Parallel Cooperative Optimization)

Projet INRIA DOLPHIN

<http://www.lifl.fr/~talbi>





Motivations

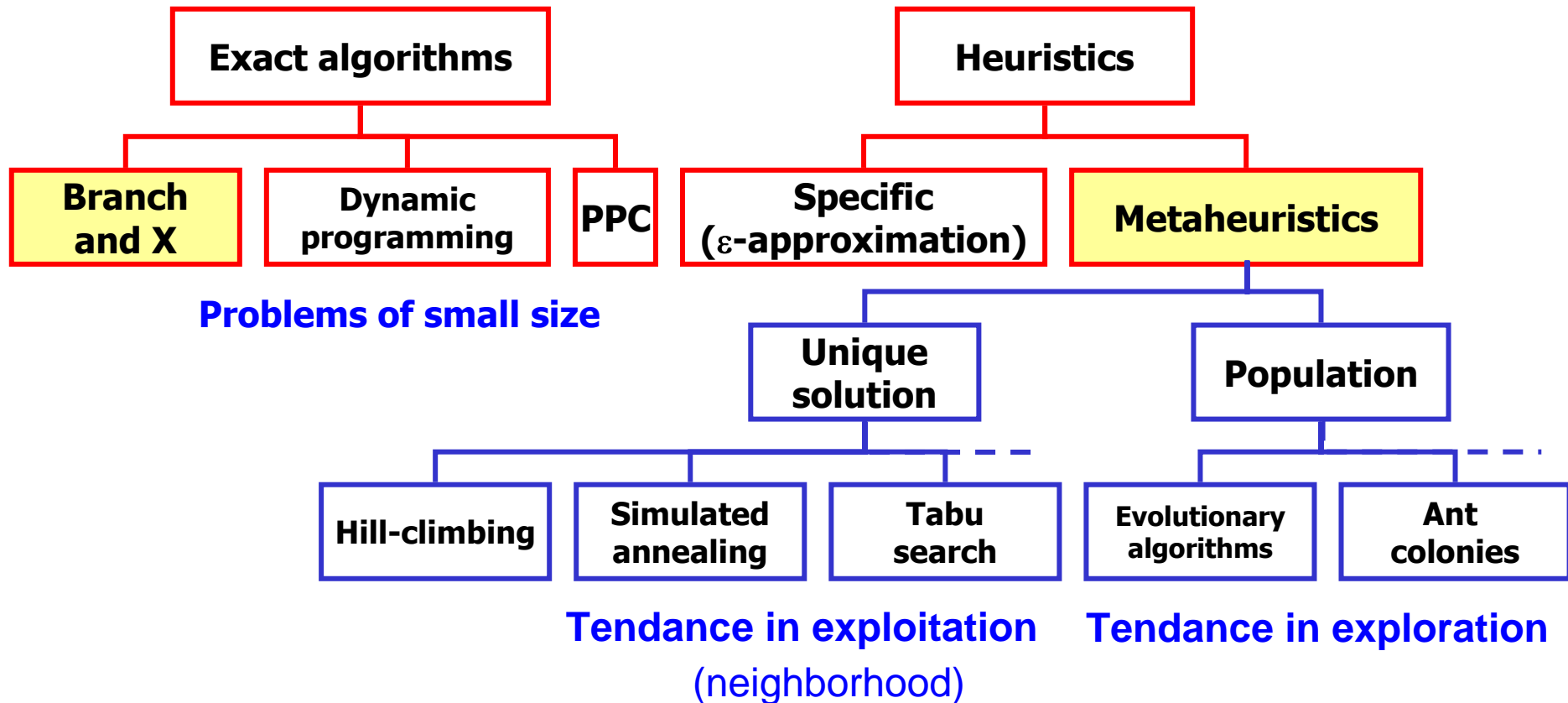
- Problèmes d'optimisation de **grande taille** et **complexes** dans de nombreux secteurs de l'industrie
→ **Télécommunications, Bioinformatique, Transport, Design, ...**
- Problèmes en constante évolution (contraintes, objectifs)
- Traitement efficace et flexible d'une combinatoire importante
(Parallélisme à **grande échelle**)

Problème mono-objectif (POC) $\min f(x) \quad x \in S$

Problème multi-objectif (PMO)

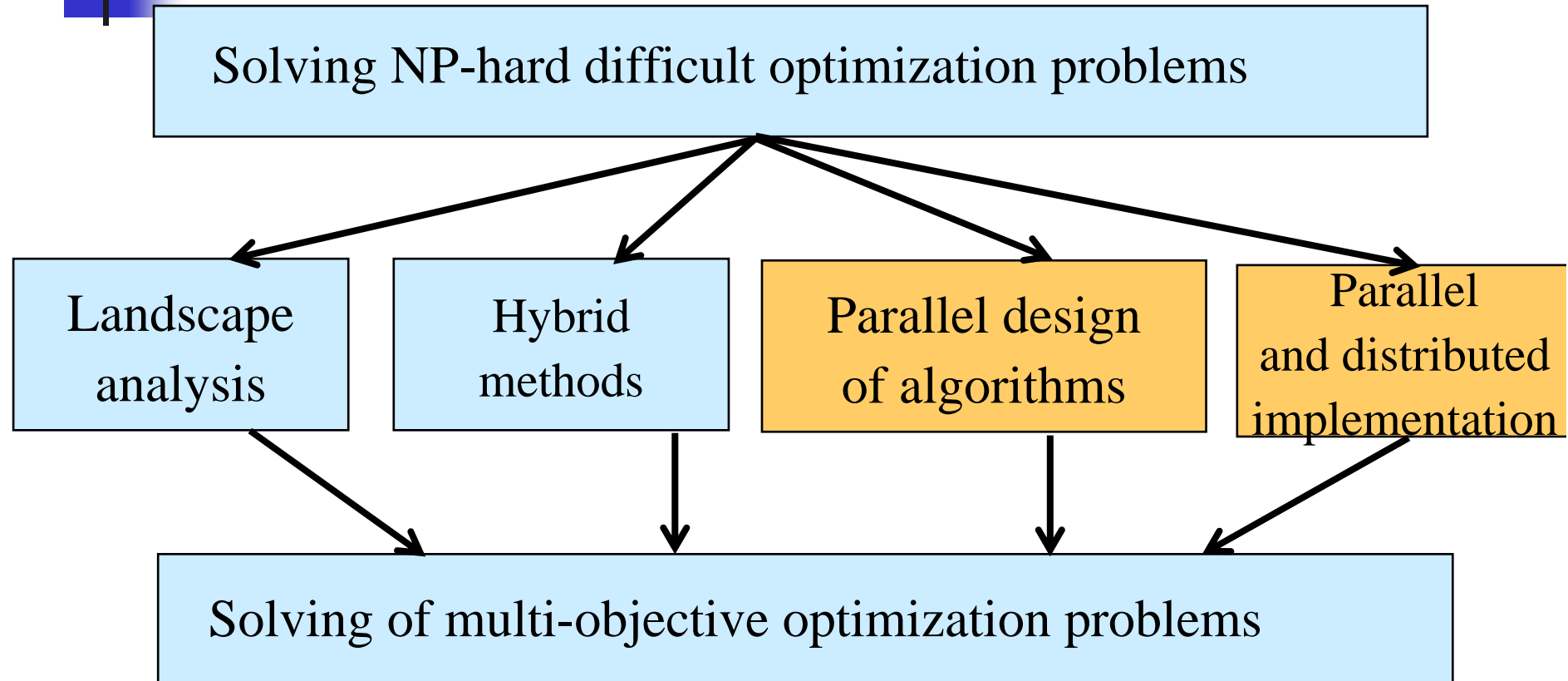
$$\left\{ \begin{array}{l} \min f(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)) \quad n \geq 2 \\ \text{s.c. } x \in S \end{array} \right.$$

Méthodes d'Optimisation



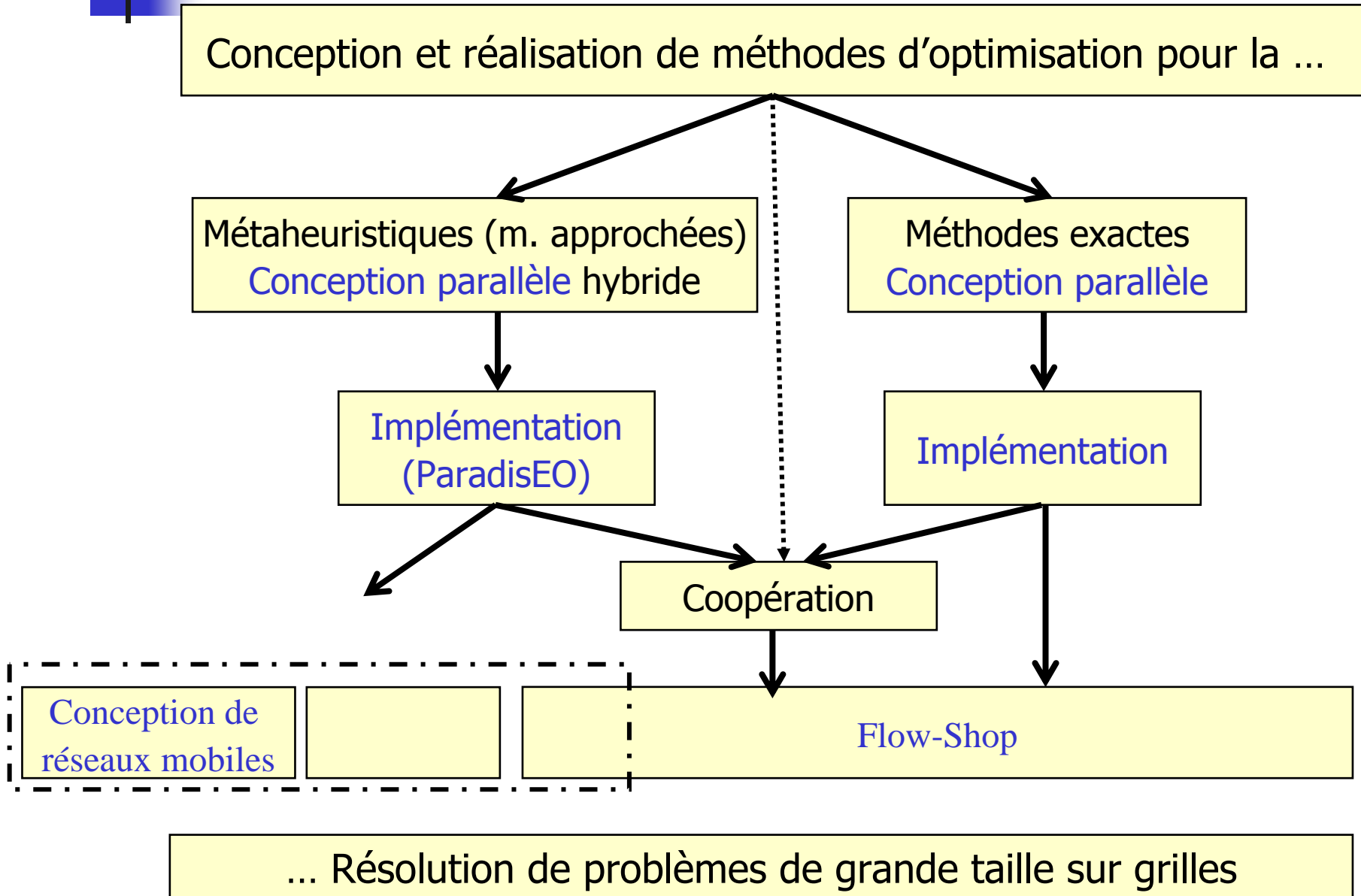
- **Exact methods exactes are useless** (problem, instance).
- **Metaheuristics are efficient** (lower bound, best known results, ...).

Roadmap



- Speedup the search time
- Solving large and complex problems
- Improve the quality of obtained solutions
- Improve the robustness

Plan



Plan

Conception et réalisation de méthodes d'optimisation pour la ...

Fronts d'étude

Métaheuristiques
Conception parallèle hybride

Méthodes exactes
Conception parallèle

Implémentation
(ParadisEO)

Implémentation

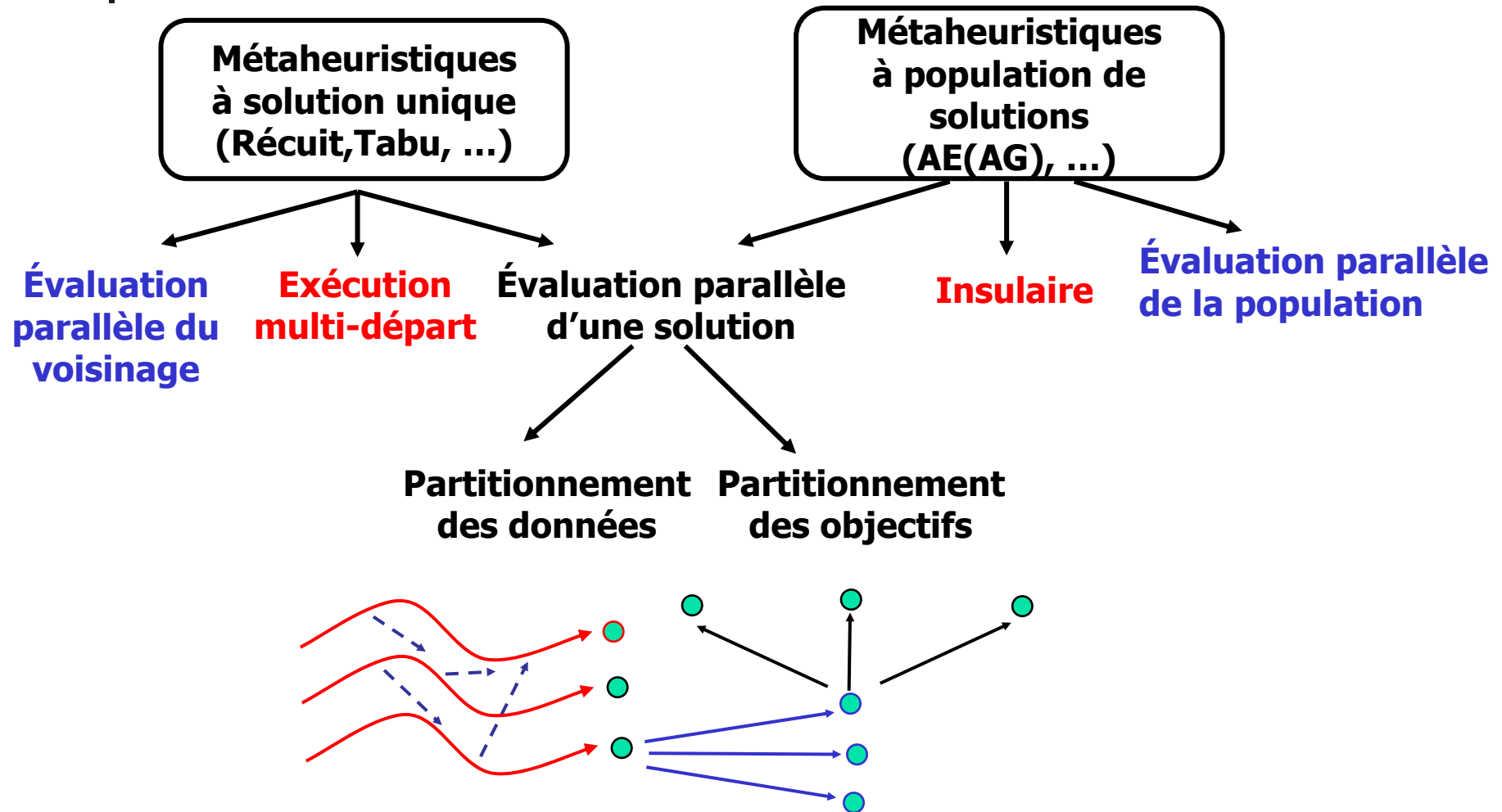
Coopération

Conception de
réseaux mobiles

Flow-Shop

... Résolution de problèmes de grande taille sur grilles

Taxinomie des métaheuristiques parallèles



E-G. Talbi, E. Alba, N. Melab and G. Luque. **Metaheuristics and Parallelism**. Chapter 4, In Wiley Book on "Parallel Metaheuristics: A New Class of Algorithms", ISBN 0-471-67806-6, p. 79-103, 2005.

E-G. Talbi, « A taxonomy of hybrid metaheuristics », *Journal of heuristics*, Kluwer Academic Publishers, 2002.

Plan

Conception et réalisation de méthodes d'optimisation pour la ...

Métaheuristiques
Conception parallèle hybride

Méthodes exactes
Conception parallèle

**Implémentation
(ParadisEO)**

Implémentation

Coopération

Conception de
réseaux mobiles

FD en
spectro. PIR

Flow-Shop

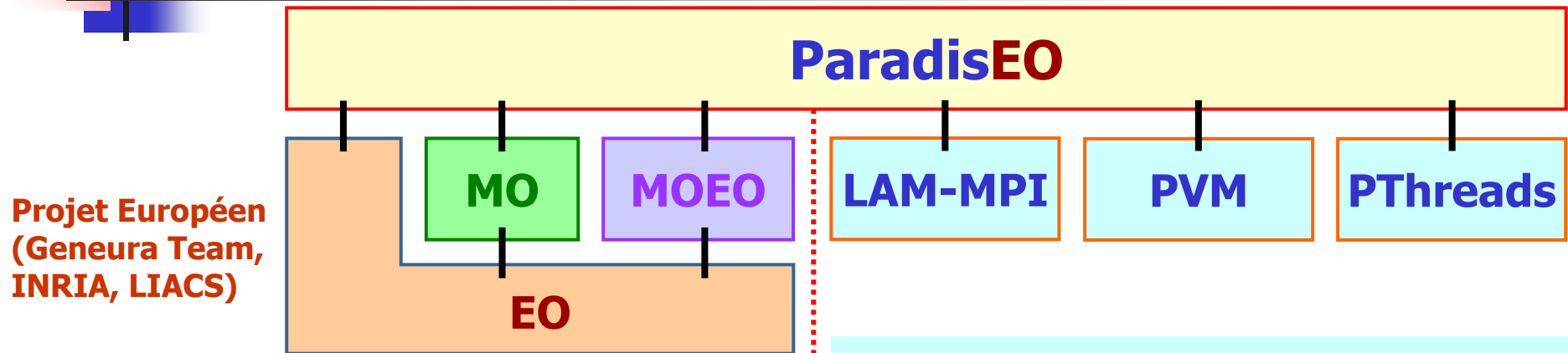
... Résolution de problèmes de grande taille sur grilles



Objectifs conceptuels

- **Réutilisation maximale de code et de conception**
 - Séparation conceptuelle maximale entre méthodes de résolution et problèmes à traiter
 - Partie invariante fournie
 - Partie spécifique au problème spécifiée mais à implémenter
- **Flexibilité et adaptabilité**
 - Ajout et modification de méthodes de résolution ...
 - ... pour traiter de nouveaux problèmes
- **Utilité**
 - Large éventail de méthodes, de modèles parallèles, ...
- **Portabilité**
 - Déploiement sur différents types de plates-formes (bib. standard)
- **Accès transparent à la performance et à la robustesse**
 - Modèles parallèles et mécanismes d'hybridation transparents

PARAllel and DIStributed Evolving Objects



<http://eodev.sourceforge.net>

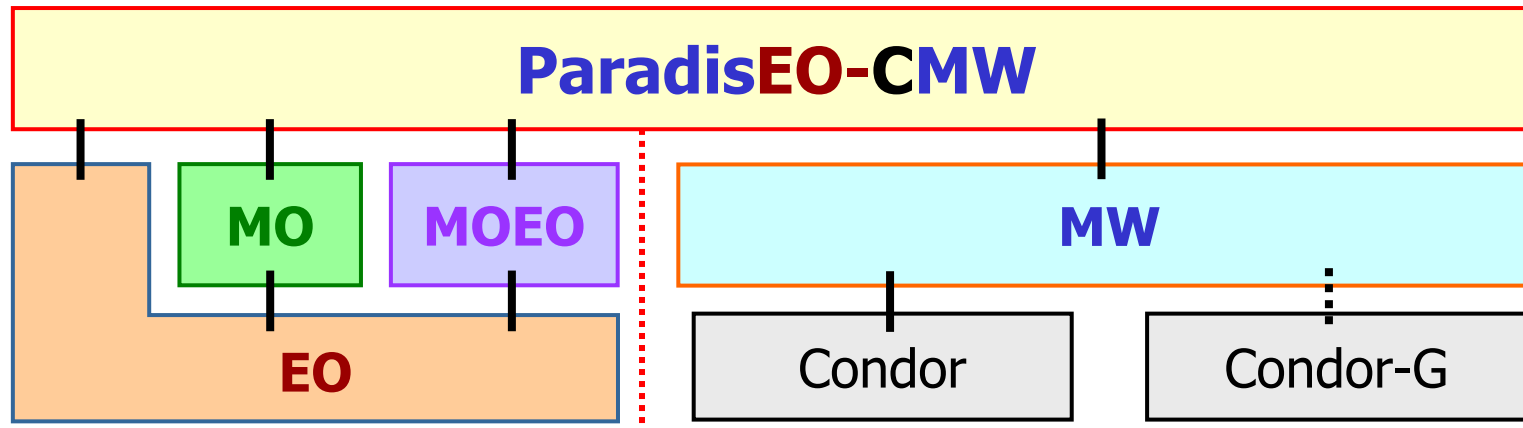
■ Contributions

- **M**ulti-**O**bjective **EO** (**MOEO**) pour la mise en œuvre de l'optimisation multi-objectif
- **M**oving **O**bjects (**MO**) pour les métaheuristiques à solution unique
- **ParadisEO** pour les métaheuristiques parallèles hybrides

■ Parallélisme sur supports dédiés

- Passage de messages (MPI, PVM)
 - Déploiement sur **réseaux de stations**
- Multi-programmation (PThreads)
 - Machines **multi-processeurs à mémoire partagée** (SMPs)
- Environnements parallèles et distribués
 - Cluster of SMPs (CLUMPS)
- **Transparence à l'utilisation**

ParadisEO-CMW : ParadisEO sur grilles (1)



■ Gridification

- Re-penser les différents modèles parallèles en prenant en compte les caractéristiques des grilles
- Coupler ParadisEO avec un intergiciel pour grilles (Condor-MW)
 - Services de **gestion de ressources volatiles**

■ Volatilité & checkpointing transparent

- Définition dans ParadisEO-CMW de la mémoire de chaque métaheuristique et modèles parallèles associés

Logiciel libre

(<http://www.lifl.fr/OPAC/paradiseo/>)

Softwares - Mozilla Firefox

Fichier Edition Affichage Aller à Marque-pages Outils Aide

file:///home/cahon/public_html/paradisEO/index.html

Customize...

Softwares

[For the design of parallel and hybrid metaheuristics](#)

EO Evolving Objects for Evolutionary Computation

MO Moving Objects, enabling the design of solution-based metaheuristics (i.e. Hill Climbing, Simulated Annealing and Tabu Search).

MOEO Multi Objective Evolving Objects embedding some features related to Pareto optimization (elism, sharing, ...)

ParadisEO ParadisEO on dedicated parallel and/or distributed environments (based on the LAM-MPI /PVM communication libraries and the Pthreads multiprogrammation layer)

ParadisEO-ath ParadisEO based for dedicated Cluster & Grid Computing (based on Athapascan & Inuktitut)

ParadisEO-cmw ParadisEO based on Condor with the Master/Worker API for non dedicated High Throughput & Grid Computing

Terminé



Utilisateurs de ParadisEO

- France Telecom R&D (logiciel DEMARNO)
- Mobinets (Telecom)
- Université de Malaga, Espagne (E. Alba)

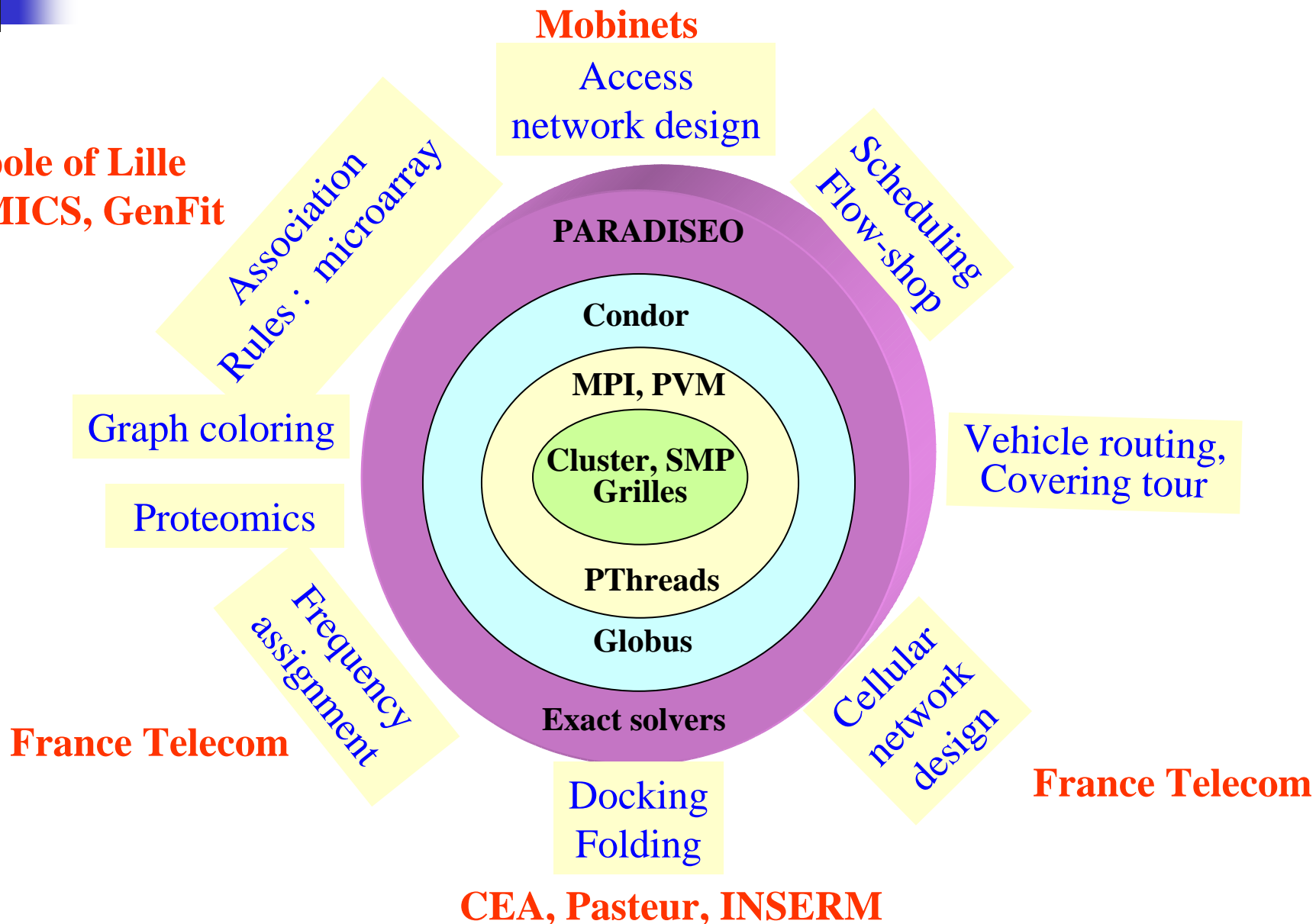
D. Salle	Laboratoire de Robotique de Paris, France
J. Eggermont	Leiden Institute of Advanced Computer Science, Pays-bas
M. El-Abd	University of Waterloo, Canada
S.G. Monroy	Université de Malaga, Espagne
E. Post	Lincoln University, Nouvelle Zélande
P. Achard	Antwerp University, Belgique
A. Sider	Ecole Doctorale <i>Réseaux et Systèmes Distribués</i>, LIFL, France
G. Kronberger	JKU Linz, Autriche
Z. Aoudia	LAMOS, Université de Béjaïa, Algérie
V. Di Martino	CASPUR, Italie
N. Pantelis	TEI Thessaloniki, Grèce
H. Yuna	Dept. of Mech. Engineering Clemson University, SC, USA
...	370 téléchargements

Formation : 5-6 Juin 2006 (56 participants)

General Architecture



Genopole of Lille
IT-OMICS, GenFit



Modélisation

- Conception de réseau
 - Positionnement des sites
 - Paramétrage des antennes
- Enjeux économiques
 - Coût de déploiement
 - Qualité de service

- Objectifs de conception
 - Minimiser le nombre de sites
 - Minimiser les interférences
 - Maximiser le trafic écoulé

- Contraintes de conception
 - Couverture
 - Relais ou *Handover*



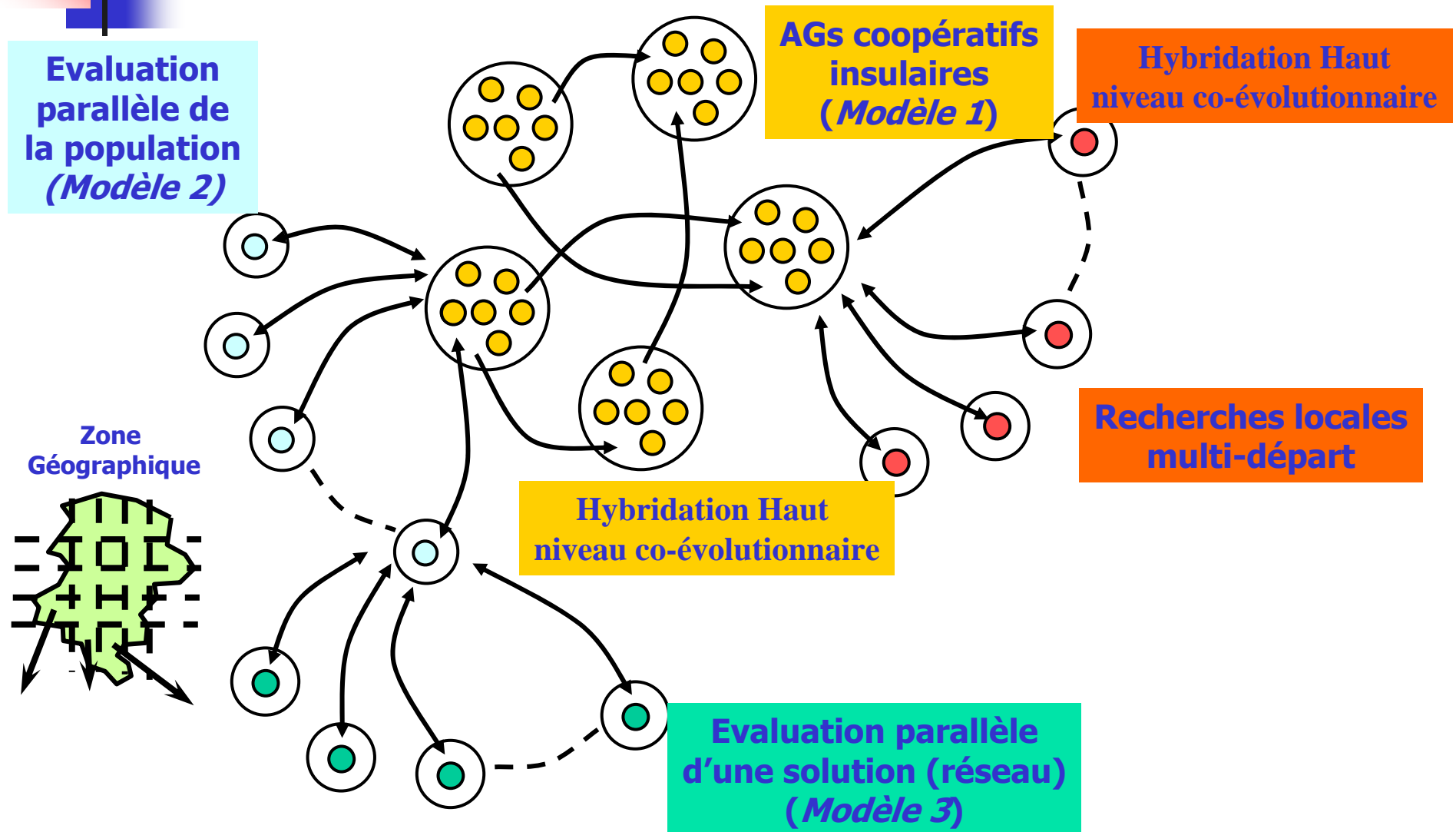
[Thèses H. Meunier, S. Cahon]
**(contrat France Telecom R & D,
1999/2001 et 2001/2003)**

Complexité

Paramètre	Notation	Domaine	Discrétisation	Dimension
Puissance	P_s	[26, 55]	2 dBm	15
Azimuth	δ	[0 °, 360 °]	10 °	36
Tilt	β	[-15 °, 0 °]	3 °	6

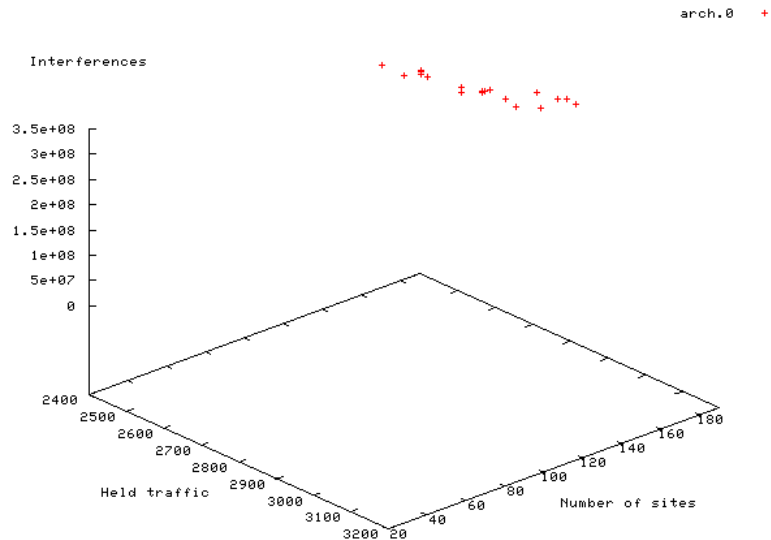
- Combinatoire importante
 - Nombre de combinaisons (solutions candidates) exponentiel
 - Nombre de solutions : $(|P_s| \times |\beta| + (2 \times |P_s| \times |\beta| \times |\delta|)^3)^{|L|}$
 - Arno 1.0 (Autoroute, 250 sites) $\cong 4.8 \times 10^{2558}$
 - Arno 3.0 (Urbaine, 568 sites) $\cong 8.4 \times 10^{6494}$
 - Arno 3.1 (Urbaine, 747 sites) $\cong 5.5 \times 10^{8541}$
- Coût d'exécution élevé
 - Evaluation coûteuse
 - Fonctions trigonométriques, algorithmes de tri, ... (entre 3s et 22s)

Métaheuristique parallèle hiérarchique hybride asynchrone

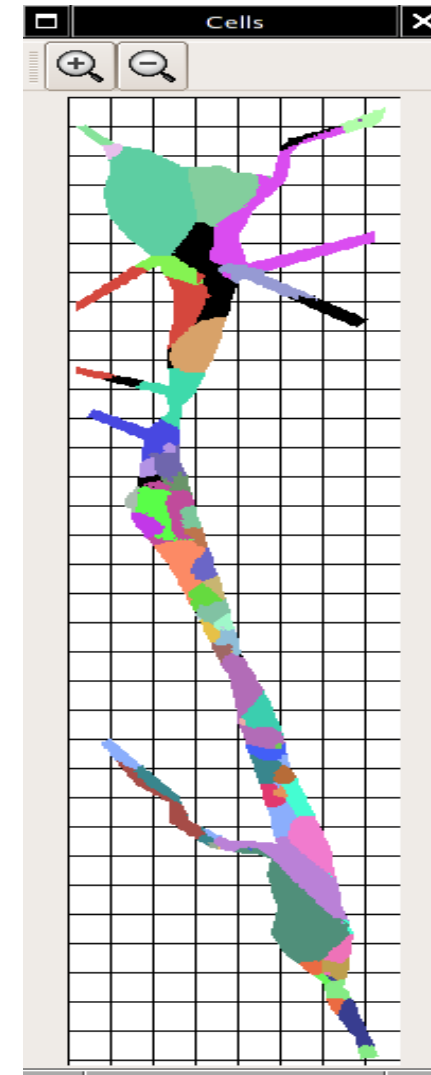


E-G. Talbi, S. Cahon and N. Melab. **Designing Cellular Networks using a Parallel Hybrid Metaheuristic on the Grid.** Journal of Computer Communications, Elsevier Science, Accepted, To appear in dec. 2005.

Expérimentation avec ParadisEO (Grid5000)



	Algo Génétique //	Recherche locale //
Nb. Taches	1.038.010	31.359
Temps cumulé	599,5 h	1512,5



Réseau autoroutier

Plan

Conception et réalisation de méthodes d'optimisation pour la ...

Métaheuristiques
Conception parallèle hybride

Méthodes exactes
Conception parallèle

Implémentation
(ParadisEO)

Implémentation

Coopération

Conception de
réseaux mobiles

Flow-Shop bi-objectif

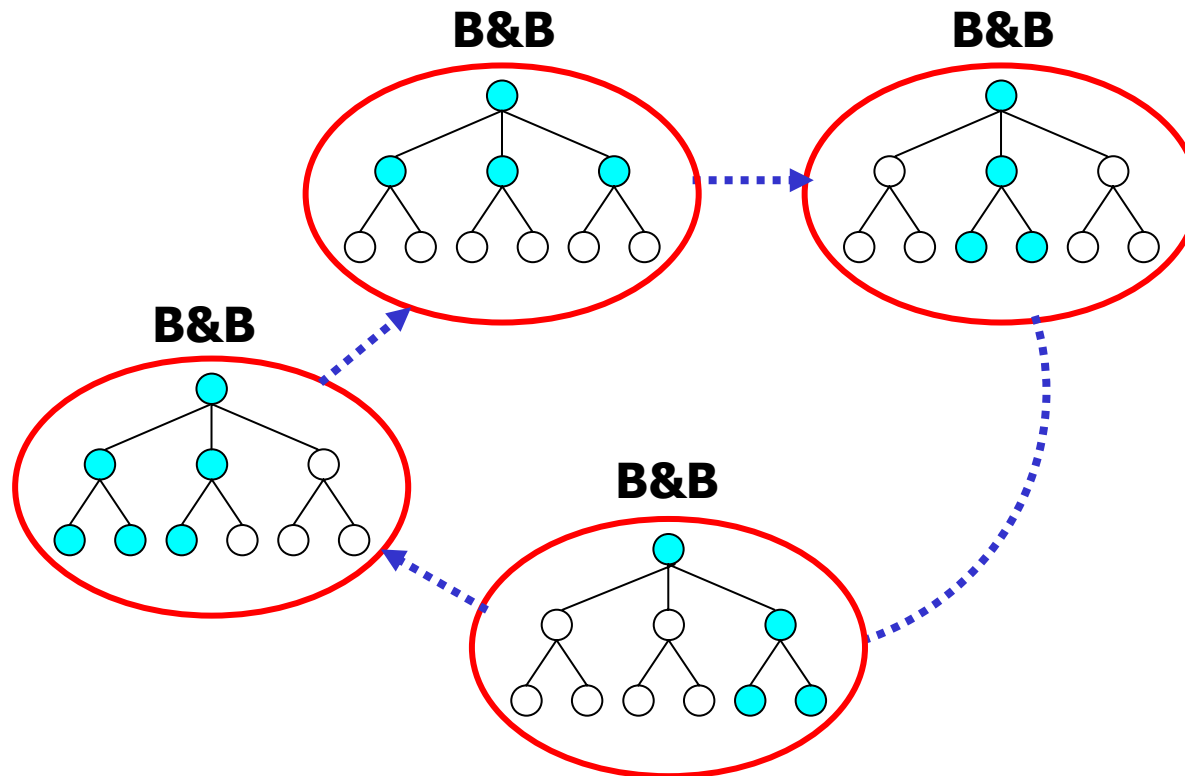
... Résolution de problèmes de grande taille sur grilles



Modèles parallèles pour les méthodes exactes

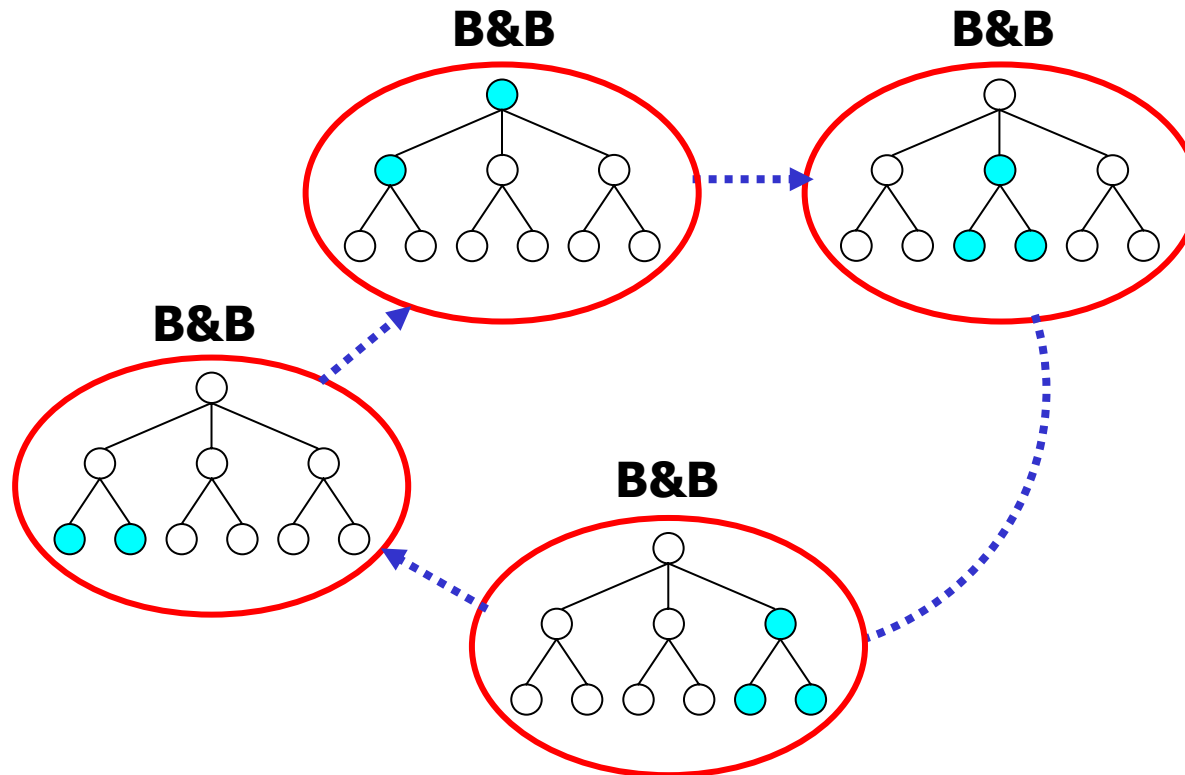
- Analyse inspirée des algorithmes B&B
- Modèles parallèles
 - Modèle multi-paramétrique parallèle
 - Exploration parallèle arborescente
 - Evaluation parallèle des bornes
 - Identique au modèle *d'évaluation parallèle d'une population* des métaheuristiques
 - Evaluation parallèle d'une borne/fonction objectif
 - Identique au modèle *d'évaluation parallèle d'une solution* des métaheuristiques

Modèle multi-paramétrique parallèle



- Plusieurs B&B indépendants ou coopératifs
- Conception réutilisable (modèle générique)
- Exploration redondante
- Exploitable sur grille s'il est combiné avec d'autres modèles

Exploration parallèle arborescente



- Le modèle le plus utilisé et étudié
- Parallélisme massif nécessitant une grille de calcul
- Justifie à lui tout seul l'intérêt d'une grille de calcul
- Mode synchrone inefficace (*Gendron et al. 94*)



Exploration parallèle sur grille - Problématique

- Régulation dynamique de charge
 - Arbre irrégulier dans un contexte **hétérogène volatile à grande échelle**
- Tolérance aux pannes
 - Recherche d'une solution **exacte** dans un **contexte volatile**
- Partage de la solution globale ...
 - ... extensibilité dans un **contexte à grande échelle**
- Détection de la terminaison (**asynchronisme**)

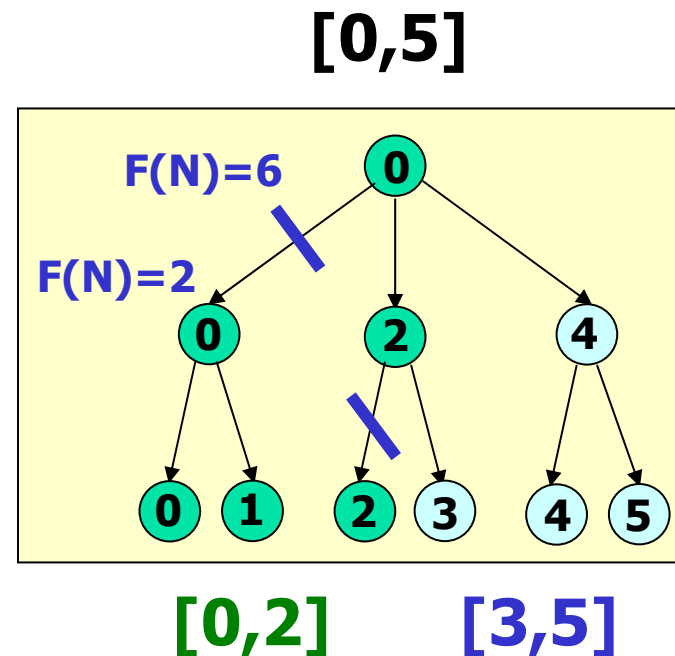


Approche proposée - Objectifs

- Optimisation du processus de distribution de l'exploration
 - Communications (transferts), hétérogénéité (puissance de calcul)
- Proposition d'un mécanisme de *sauvegarde/restauration* à faible coût (stockage et communications)
- Détection implicite et naturelle de la terminaison

Principe de l'approche

- Approche *Coordinateur-Travailleur*
- Codage particulier de l'arbre de base
- Description **minimale** des unités de travail
 - Unité = collection de nœuds à explorer
 - Descripteur associé
 $[X,Y]$, avec $X,Y \in [0, F(\text{taille du problème})]$
 - F : fonction spécifique au problème
- Régénération de l'arbre à partir de $[X,Y]$...
 - ... règle d'élagage :
 - ... Nœud N de numéro n élagué si : $n + F(N) \leq X$



Plan

Conception et réalisation de méthodes d'optimisation pour la ...

Métaheuristiques
Conception parallèle hybride

Méthodes exactes
Conception parallèle

Implémentation
(ParadisEO)

Implémentation

Coopération

Conception de
réseaux mobiles

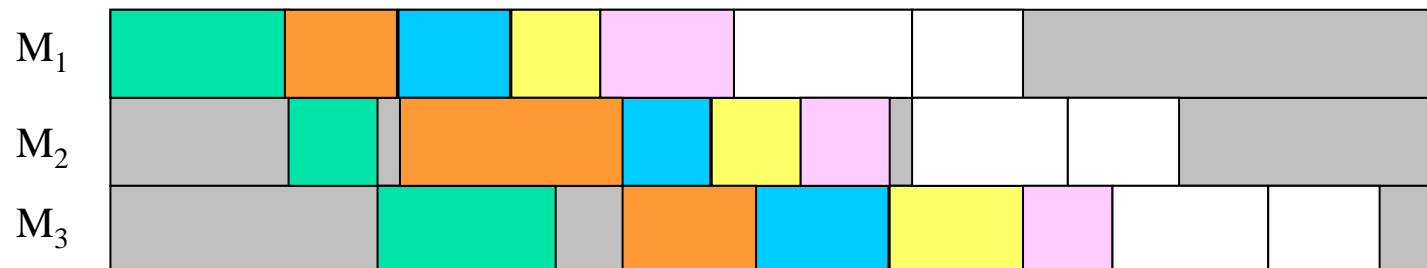
FD en
spectro. PIR

Flow-Shop

... Résolution de problèmes de grande taille sur grilles

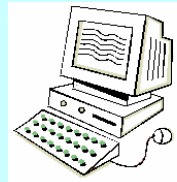
Problème du Flow Shop

- N travaux à ordonnancer sur M machines
 - Deux travaux ne peuvent pas être traités simultanément sur la même machine
 - L'ordre de passage des travaux est le même sur toutes les machines
- Un ou deux objectif(s) à minimiser
 - *Cmax* ou *Makespan* : Temps total de traitement
 - *Tardiness* : Retard total



Grille universitaire (412 PC)

rech-info.yser.net



Coordinateur
P4 3.06

Gigabit Ethernet

Réseau du campus (Gigabit Ethernet)

Gigabit Ethernet



14 AMD 1.30



28 Celeron 2.20



35 Celeron 2.40



12 P3 1.20



14 Celeron 0.80



12 P4 3.20

8 Celeron 2.00

students.deule.net (123)

Ethernet Rapide



12 P4 1.60



13 P4 2.00



45 P4 2.80



7 P4 2.66



41 P4 3.00

iut-info.univ-lille1.fr (118)

Gigabit Ethernet



24 P4 1.70



48 P4 2.40



72 P4 2.80

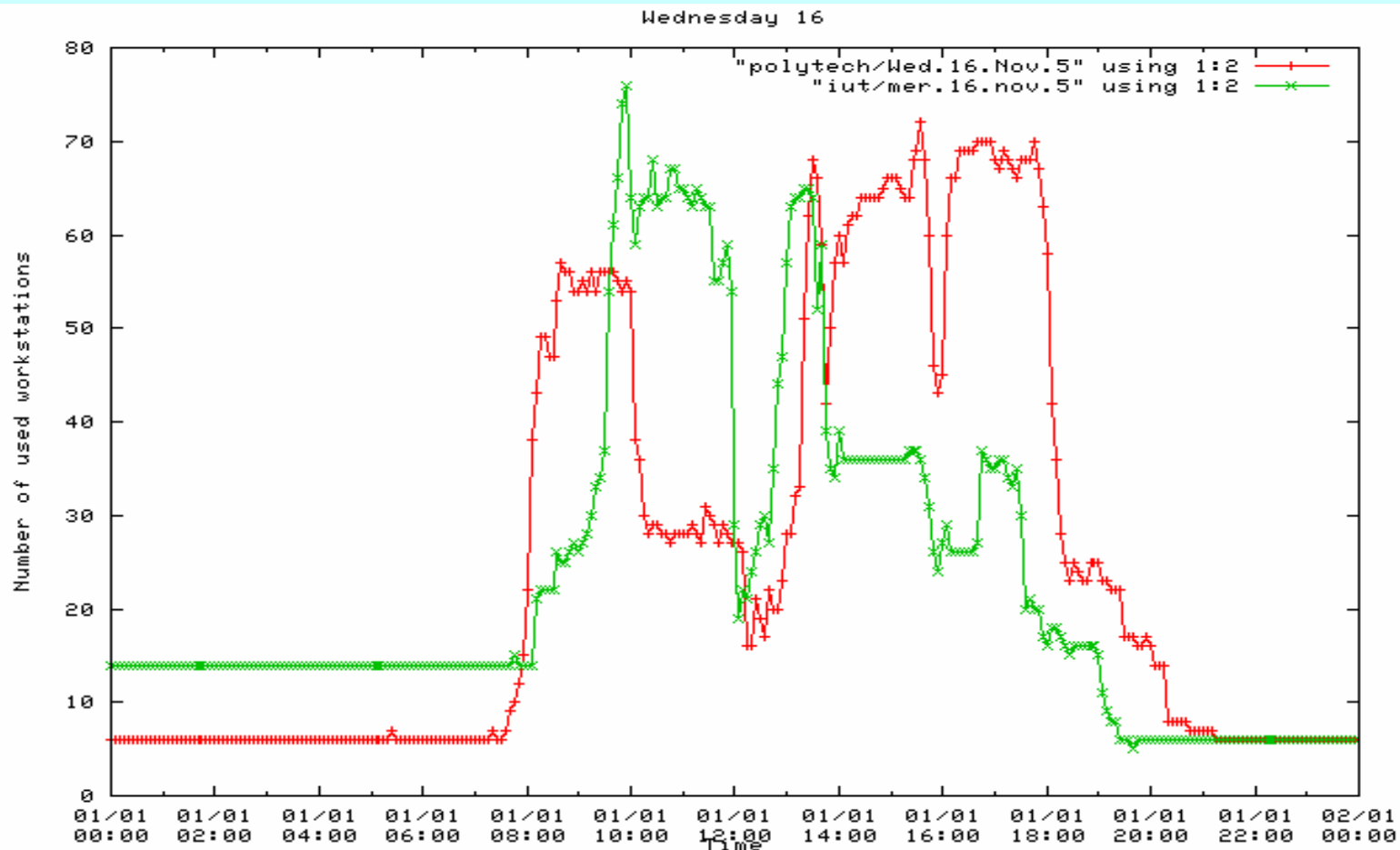


26 P4 3.00

fil.univ-lille1.fr (170)

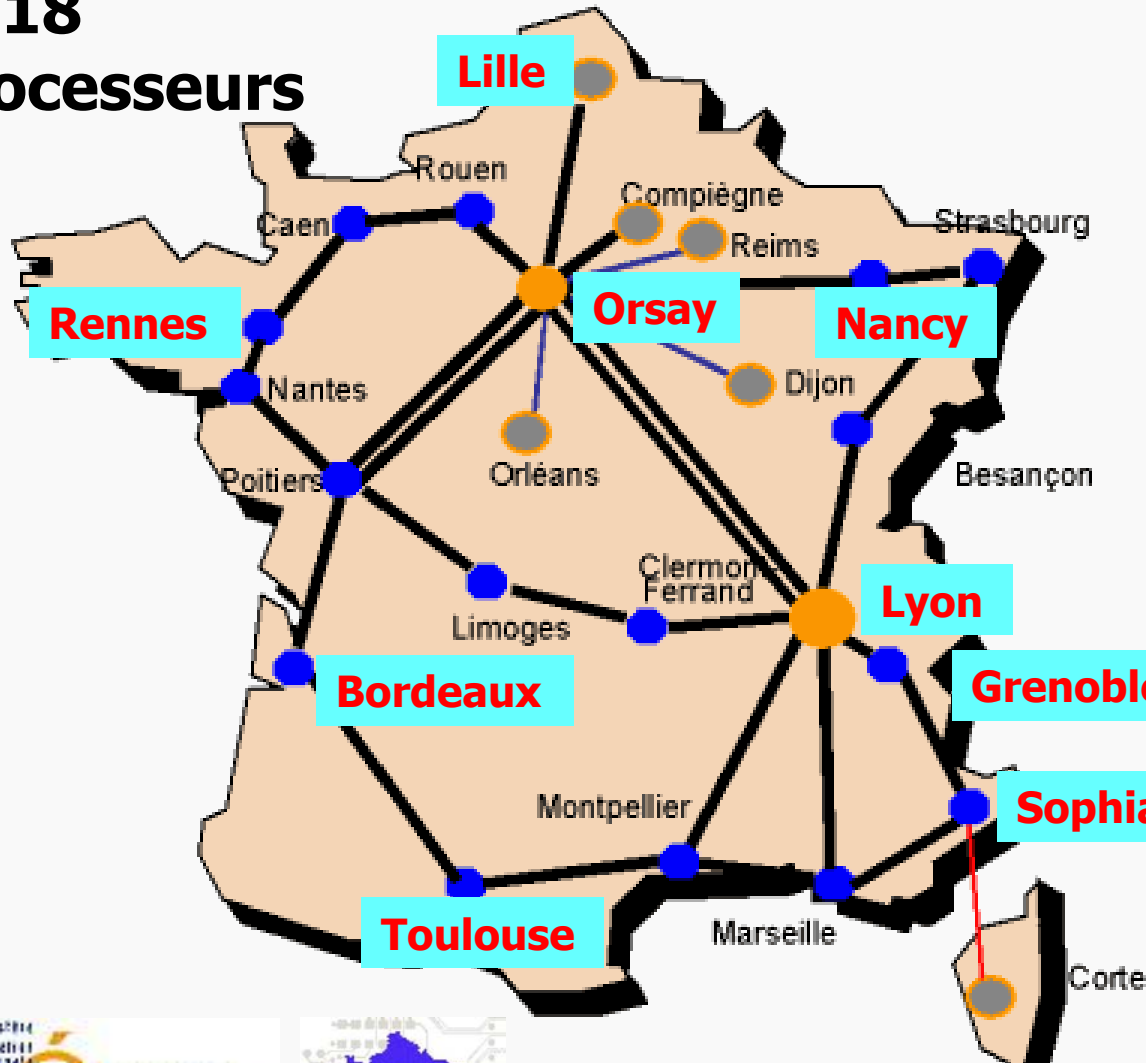
Temps de disponibilité des machines (1 semaine) 89% à Polytech-Lille et 88% à l'IUT-A

- Grille dédiée à l'enseignement informatique sous-exploitée (temps de disponibilité des machines : ~90%)
- Plate-forme potentiellement puissante à faible coût



Grid5000 [\(http://www.grid5000.fr/\)](http://www.grid5000.fr/)

1718
processeurs



Universités

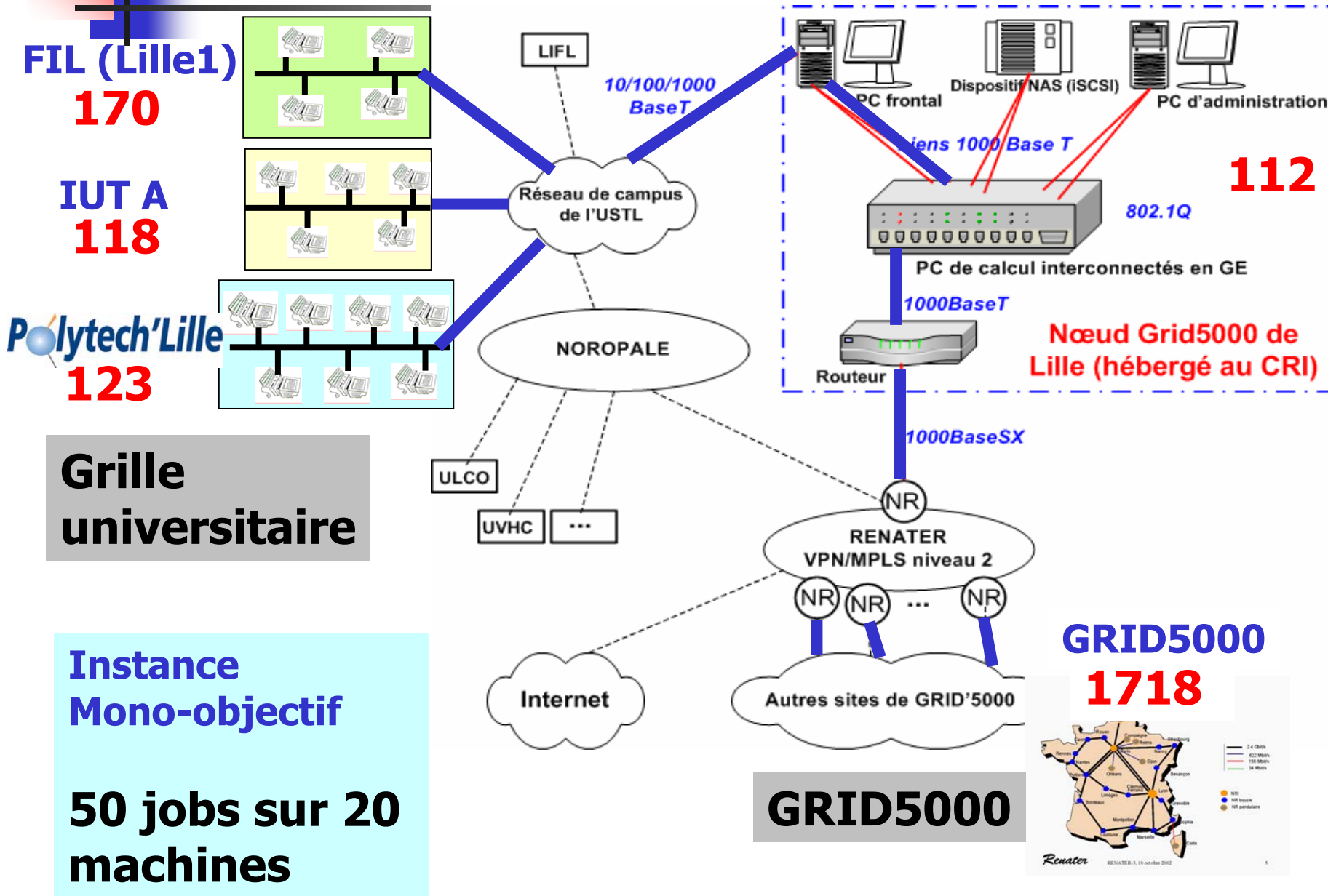


Conseils régionaux
& généraux



Action Concertée Incitative [ACI]
Globalisation des Ressources Informatiques
et des Données [GRID]

Une grille de 2235 processeurs





Instance Ta056 du Flow-Shop 50-20 - Statistiques

Durée totale d'exécution	25 jours 46 minutes
Durée totale d'exécution agrégée	22 ans 185 jours 16h
Nombre moyen de processeurs utilisés	328
Pic de processeurs atteint sur toute la grille	1 195
Nombre de fois qu'un proc. a rejoint la grille	11 802
Pic de processeurs atteint sur chaque site	Bdx(88), Orsay(360), Sophia(190), Lille(98), Toulouse(112), Rennes(456), Univ.(304)
Nombre de nœuds explorés	6,50874 e+12
Unités de travail allouées	129 958
Opérations de sauvegarde/restauration	4 094 176
Efficacité parallèle	97 %

Meilleure solution connue

$C_{max} = 3681$

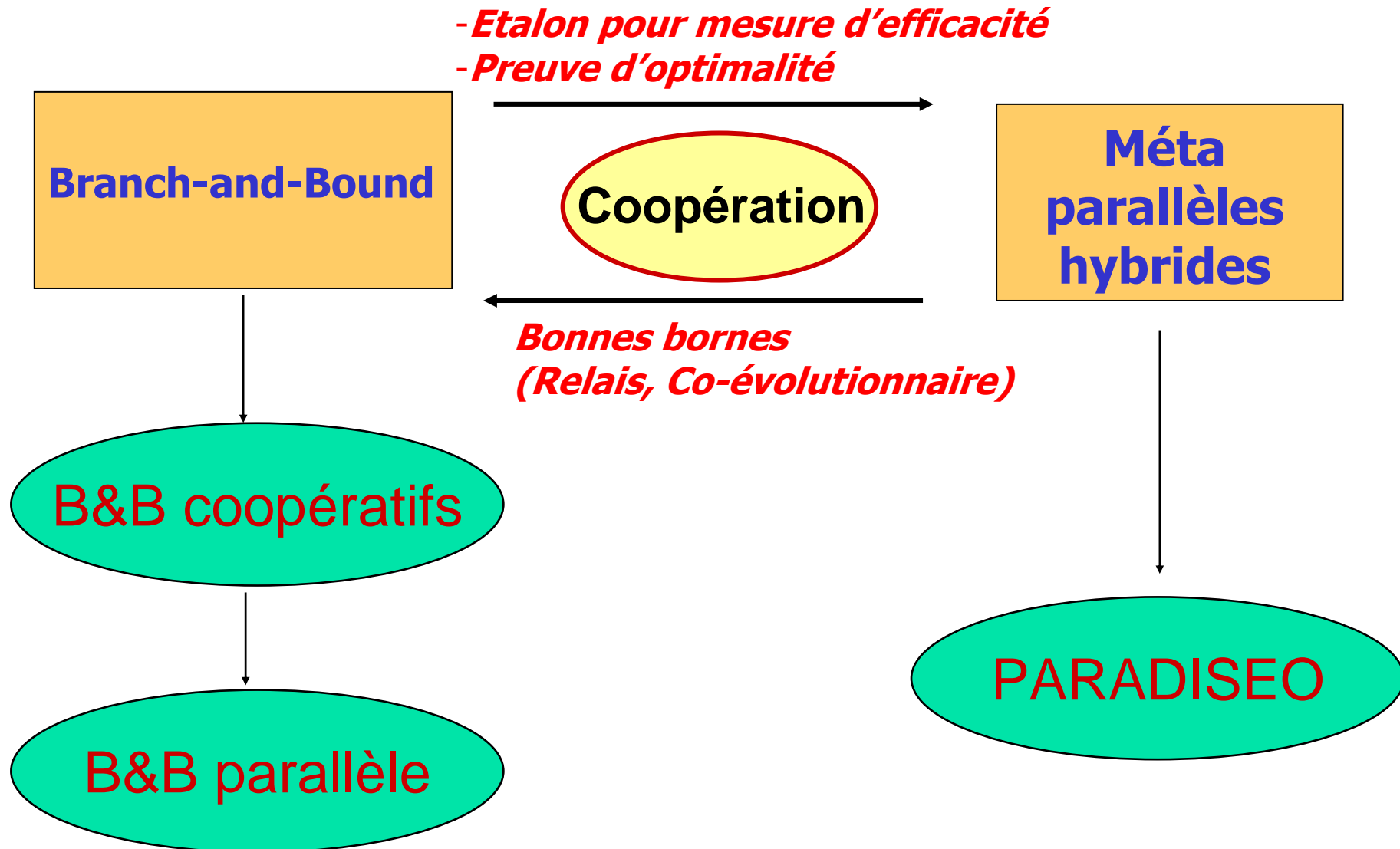
Ruiz & Stutzle, 2004

Solution exacte

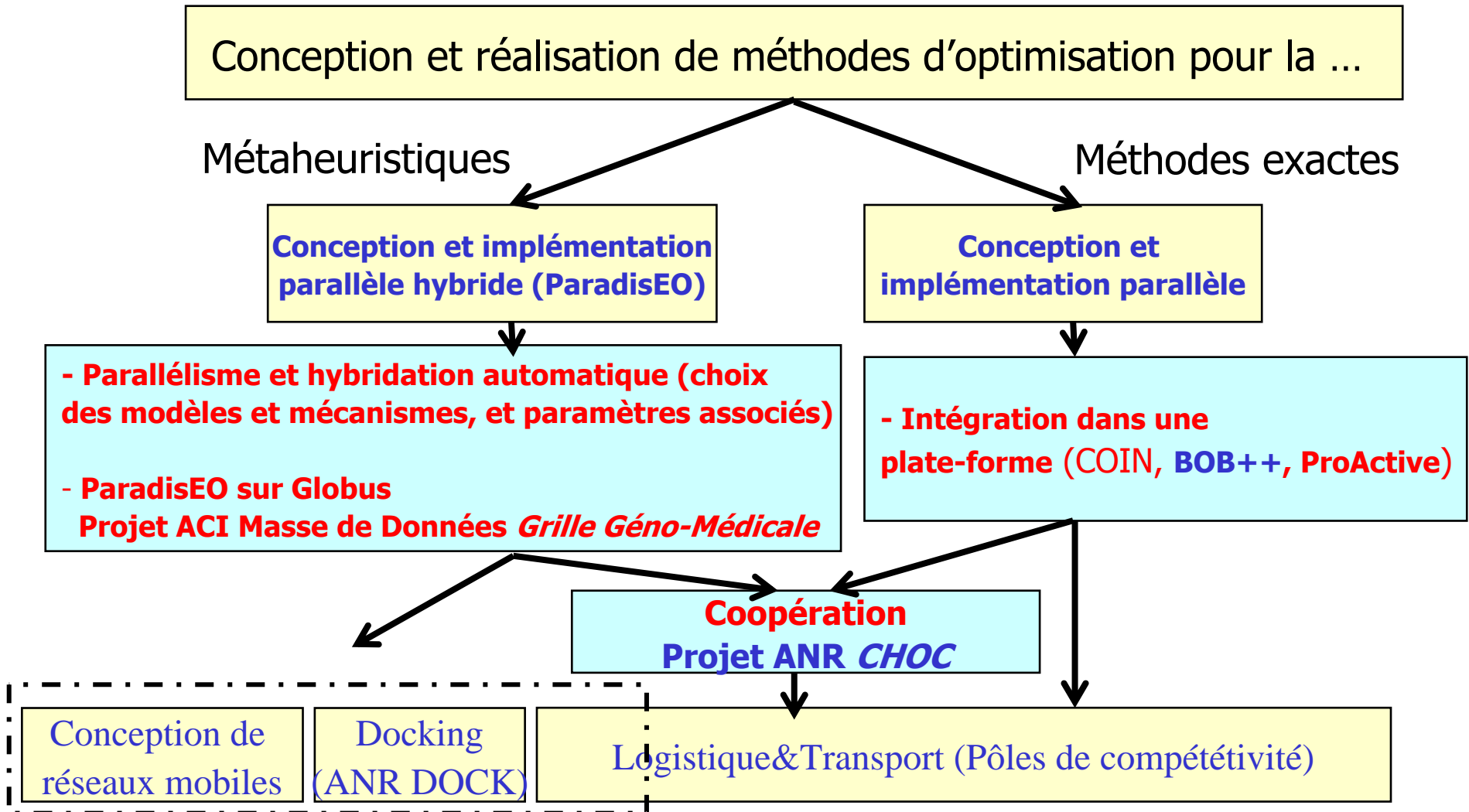
$C_{max} = 3679$

Mezmaz, Melab & Talbi, 2006

Vers la coopération méta – exacte



Perspectives



Thanks to ...

M. Basseur, J-C. Boisson, S. Cahon, C. Dhaenens, L. Jourdan, N. Jozefowicz, M. Khabzaoui, L. Lemesre, N. Melab, M. Mezmaz, F. Seynhaeve, A. Tantar, E. Tantar, B. Weinberg, ...



Parallel Cooperative Optimization Research Group (USTL-CNRS-INRIA Lille)