

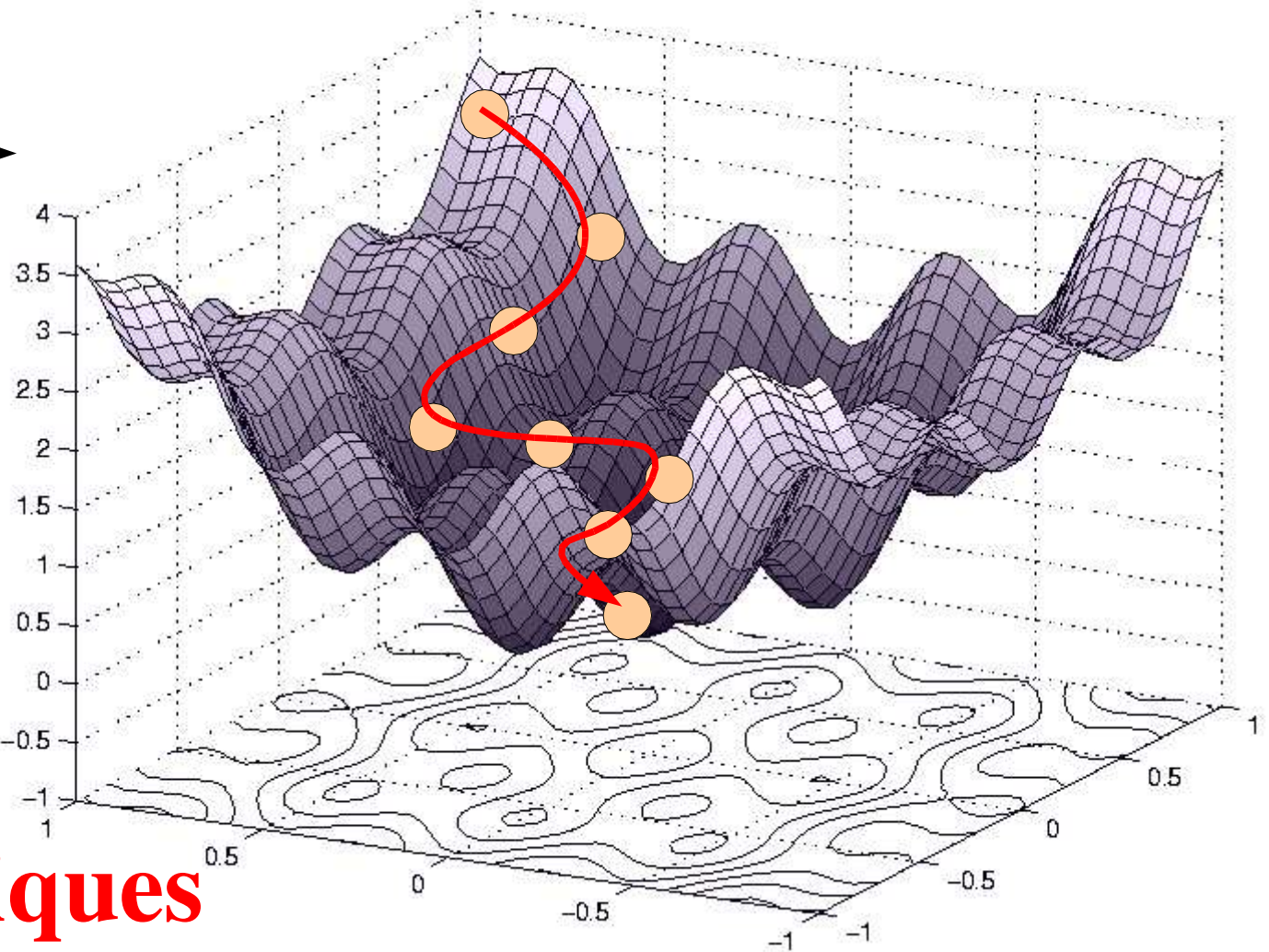
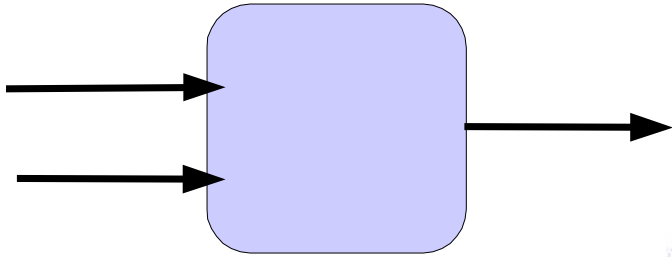
*Adaptation de la méthode des colonies de fourmis
pour l'optimisation en variables continues.*

Application en génie biomédical

Plan

- Introduction
 - Optimisation
 - Métaheuristiques
- État de l'art
 - Programmation à mémoire adaptative
 - Algorithmes de colonies de fourmis
 - Auto-organisation
- Contributions
 - Multi-agents
 - Estimation de distribution
- Application : recalage d'images
- Conclusion & perspectives

Optimisation difficile



Heuristiques

Méta-heuristiques

Métaheuristiques

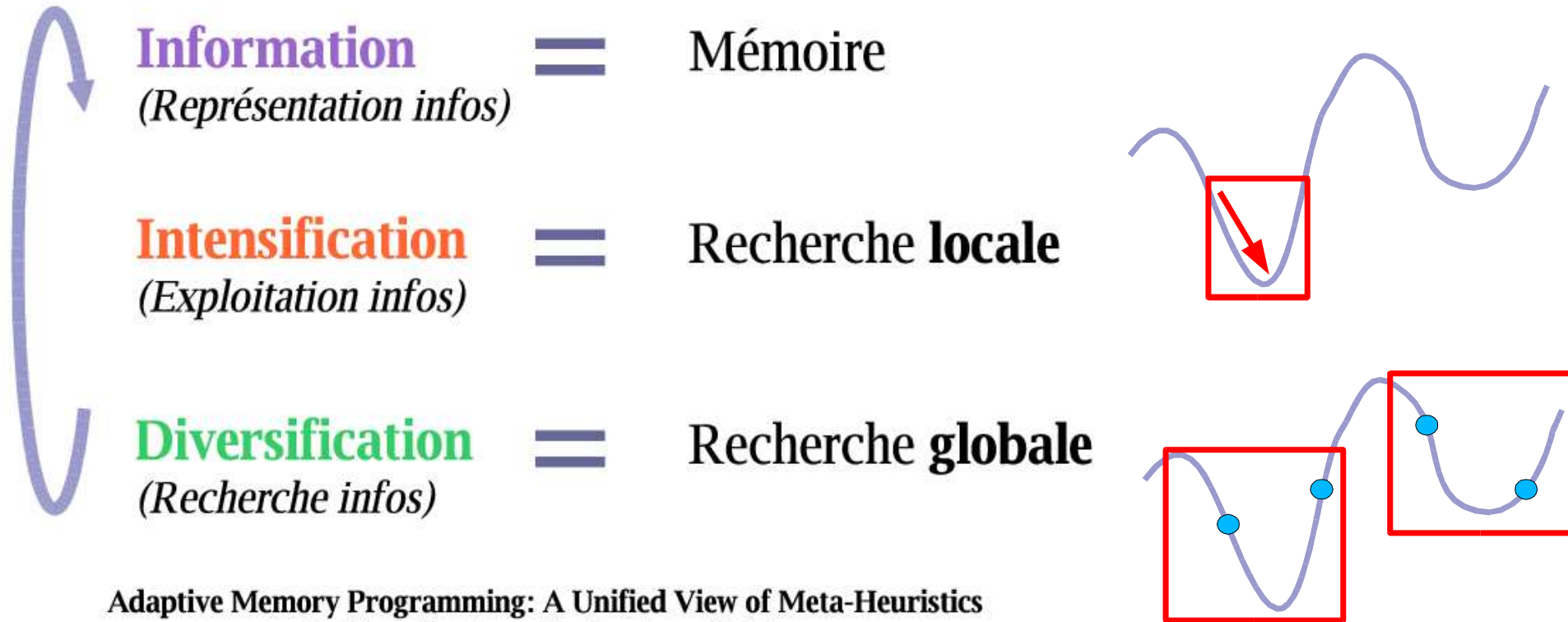
- Recuit Simulé (SA)
- Recherche Tabou (TS)
- Algorithmes Génétiques (GA)
- Algorithmes à estimation de distribution (EDA)
- Colonies de fourmis (ACO)
- Essaims Particulaires (PSO)
- Evolution Différentielle (DE)
- ...

Biologie

Plan

- Introduction
 - Optimisation
 - Métaheuristiques
- État de l'art
 - Programmation à mémoire adaptative
 - Algorithmes de colonies de fourmis
 - Auto-organisation
- Contributions
 - Multi-agents
 - Estimation de distribution
- Application : recalage d'images
- Conclusion & perspectives

Programmation à mémoire adaptative



Adaptive Memory Programming: A Unified View of Meta-Heuristics

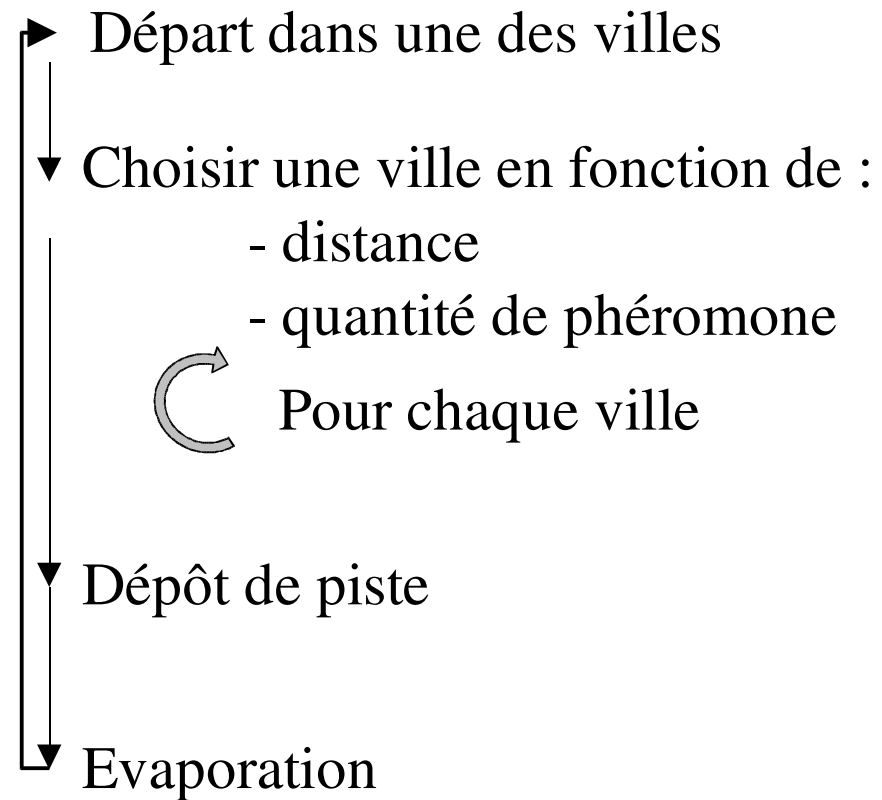
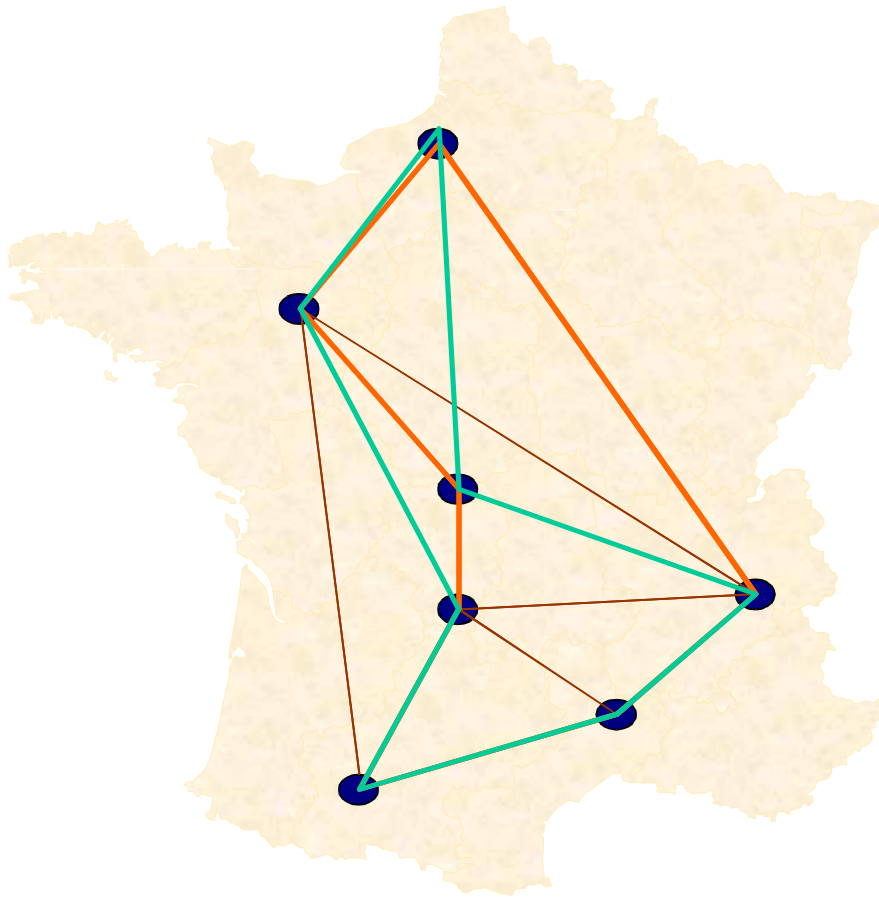
Taillard, Gambardella, Gendreau, Potvin

European Journal of Operational Research, 1998

Algorithmes de colonies de fourmis : ACO

Dorigo & al., 1991

Distributed Optimization by Ant Colonies
Proceedings of ECAL91, 134-142



ACO

- Communication **Indirecte** : dépôt de **piste**
- Programmation à **mémoire** adaptative
- Intelligence en **essaim**
- **Construction probabiliste** des solutions
- Problèmes **Combinatoires**

Colonies de fourmis pour l'optimisation continue

• CACO (1997)

• API (2000)

• *Ling et al.* (2002)

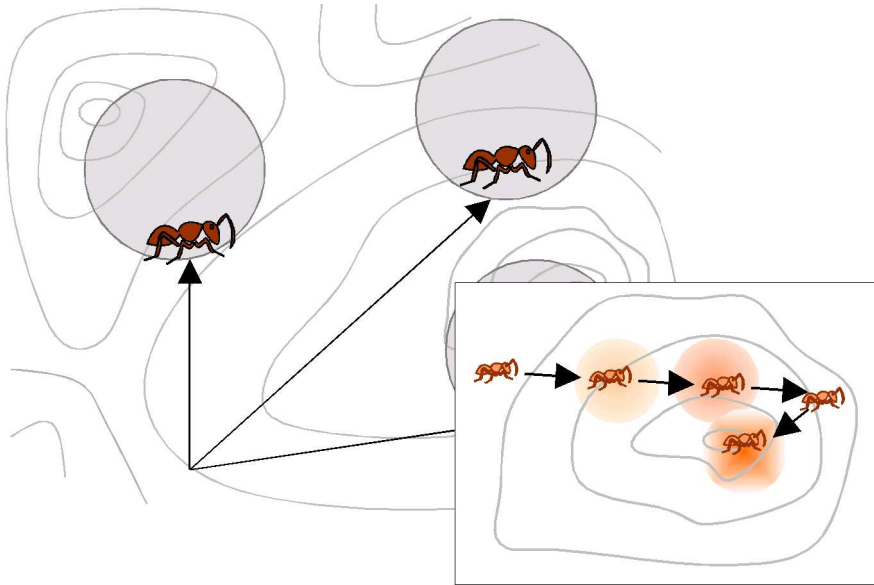
Multi-agents

• *Socha* (2004)

• CACS (2004)

Probabiliste

CACO & API : multi-agents



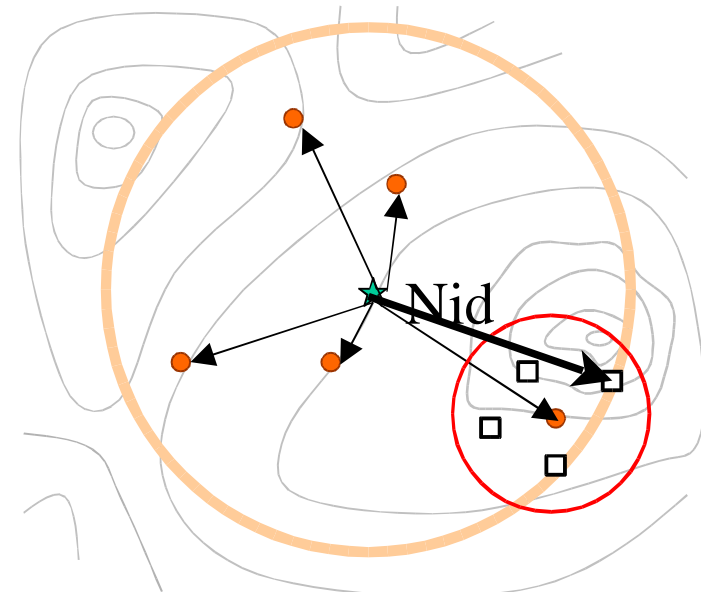
Wodrich & Bilchev, 1997

*The Ant Colony Metaphor for Searching
Continuous Design Spaces*

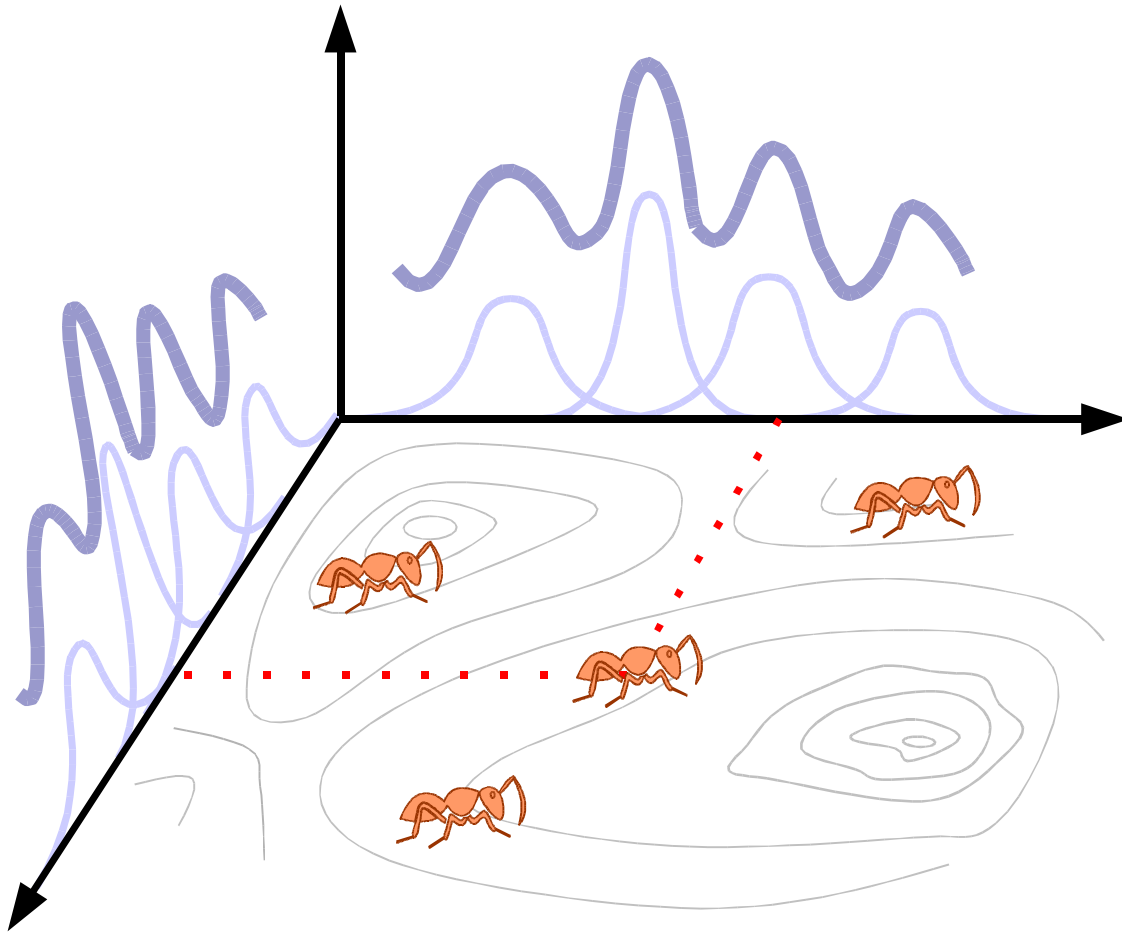
Lecture Notes in Computer Science, 993, 25-39

Monmarché et al., 2000

*On how Pachycondyla apicalis ants
suggest a new search algorithm*
Future Generation Computer Systems
16:937-946



ACO continue & CACS : probabilistes



Somme pondérée de
distributions normales

Socha, 2004

*ACO for Continuous and Mixed-
Variable Optimization*

Lecture Notes in Computer Science
3172:25--36

Pourtakdoust & Nobahari, 2004

*An Extension of Ant Colony System to Continuous
Problems*

Lecture Notes in Computer Science
3172:294-301

Algorithmes à estimation de distribution : EDA

Sélection

« Reproduction »

I	X1	X2	X3	f(x)
1	1	1		2
2		1	1	2
3	1			1
4	1		1	2
5			1	1
6		1		1



I	X1	X2	X3	f(x)
1	1	1		2
2		1	1	2
4	1		1	2
p(x)	0,3	0,3	0,3	



I	X1	X2	X3	f(x)
1	1	1	1	3
2		1	1	2
3	1			1
4	1		1	2
5		1	1	2
6	1	1		2
p(x)	0,3	0,3	0,3	

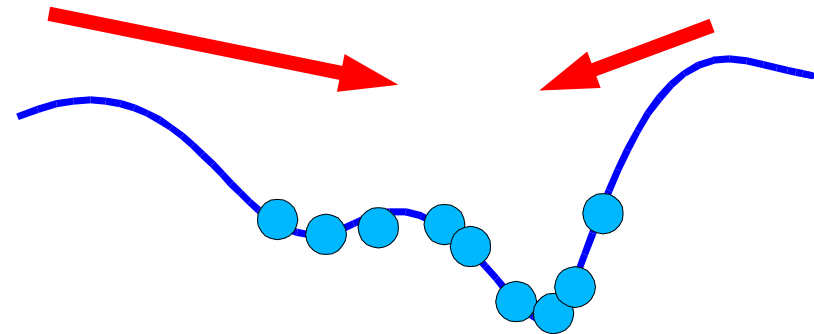
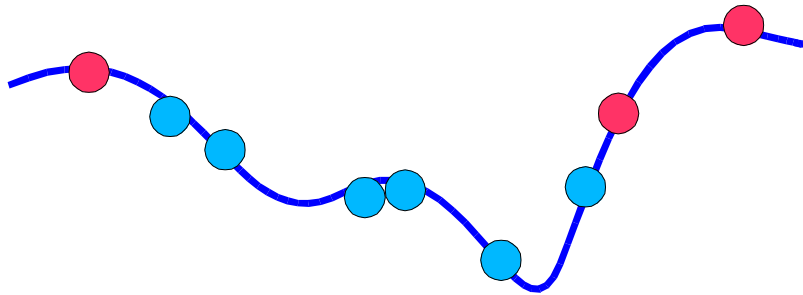
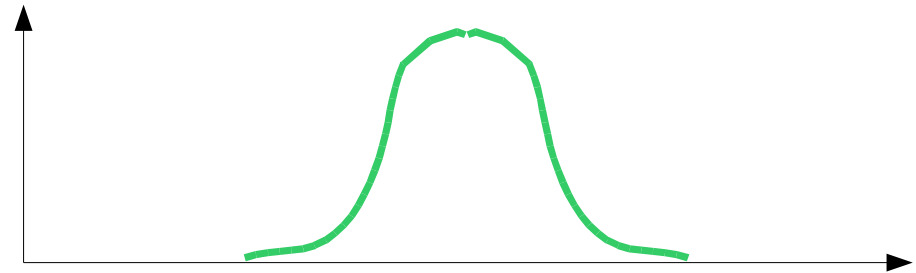
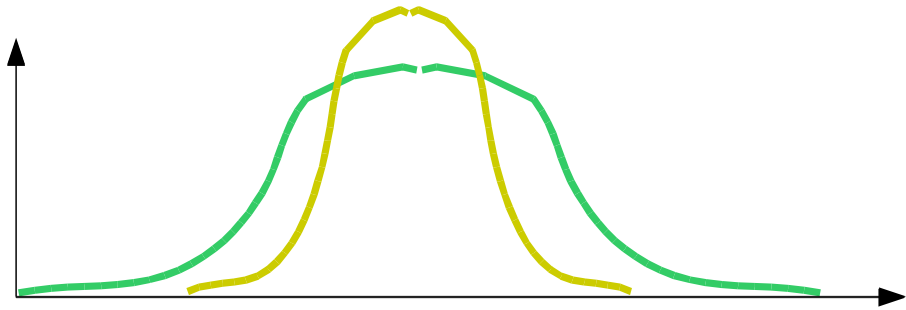
Mühlenbein & Paab, 1996

From recombination of genes to the estimation of distribution

Lecture Notes in Computer Science, 1996

EDA pour l'optimisation continue

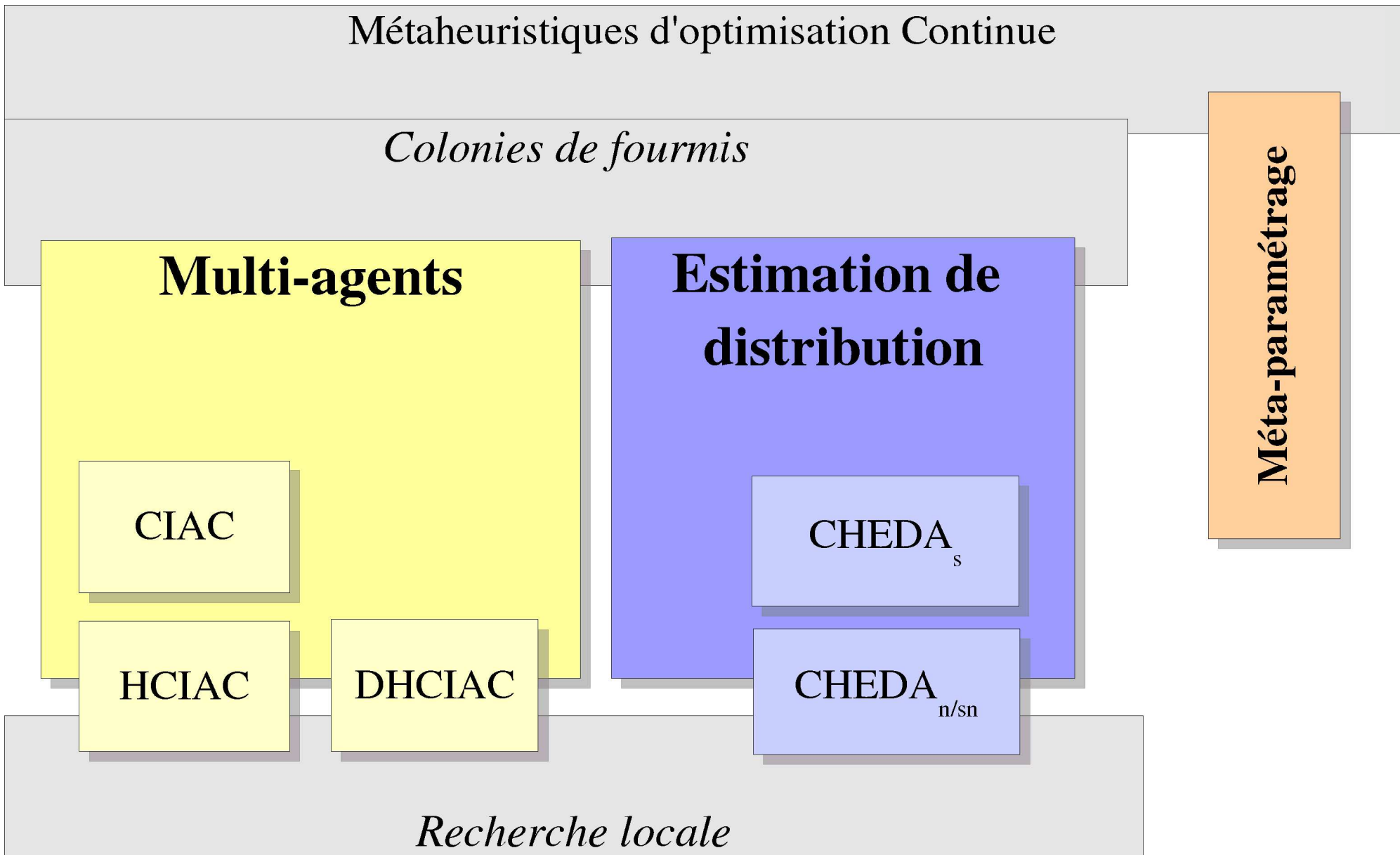
Distribution normale



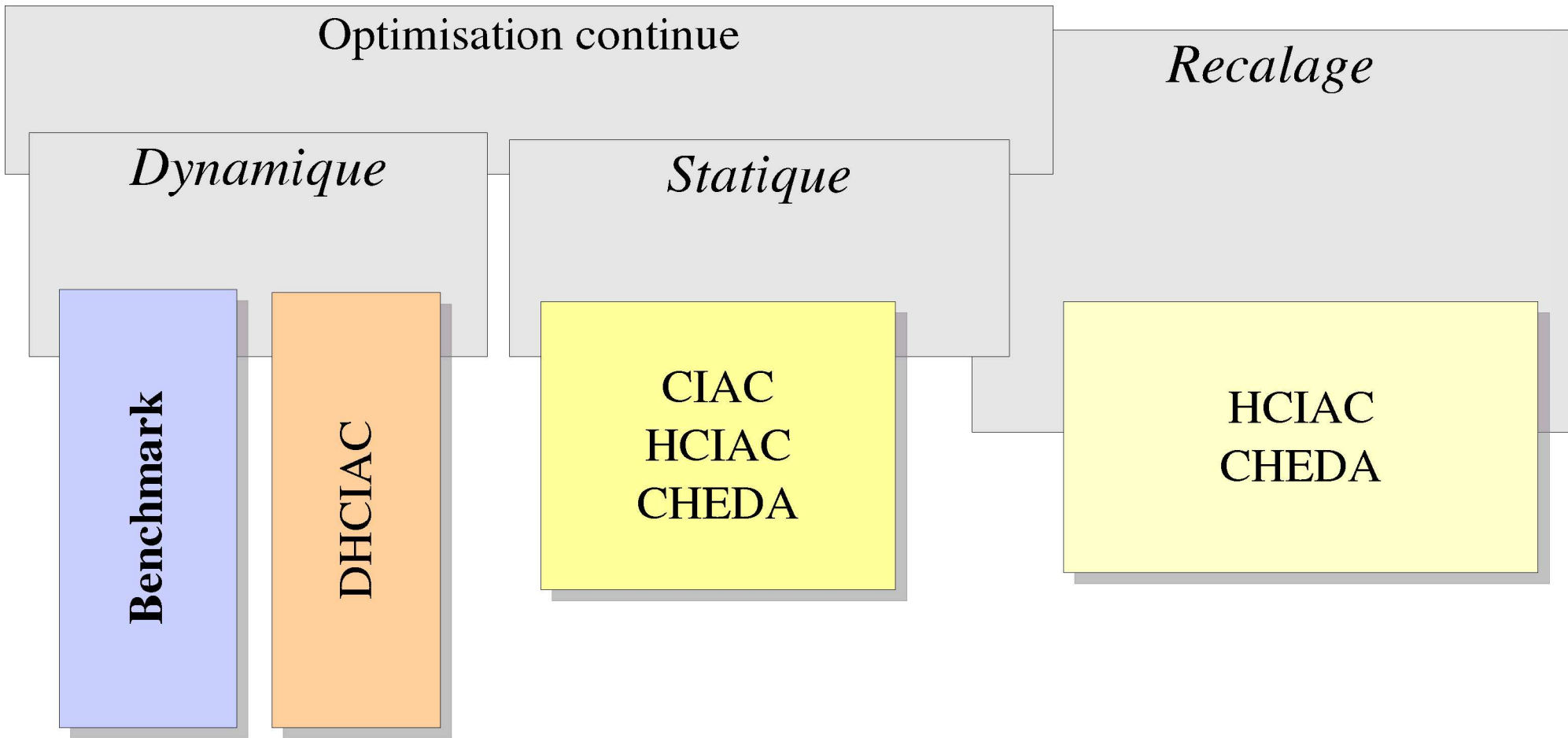
Plan

- Introduction
 - Optimisation
 - Métaheuristiques
- État de l'art
 - Programmation à mémoire adaptative
 - Algorithmes de colonies de fourmis
 - Auto-organisation
- Contributions
 - Multi-agents
 - Estimation de distribution
- Application : recalage d'images
- Conclusion & perspectives

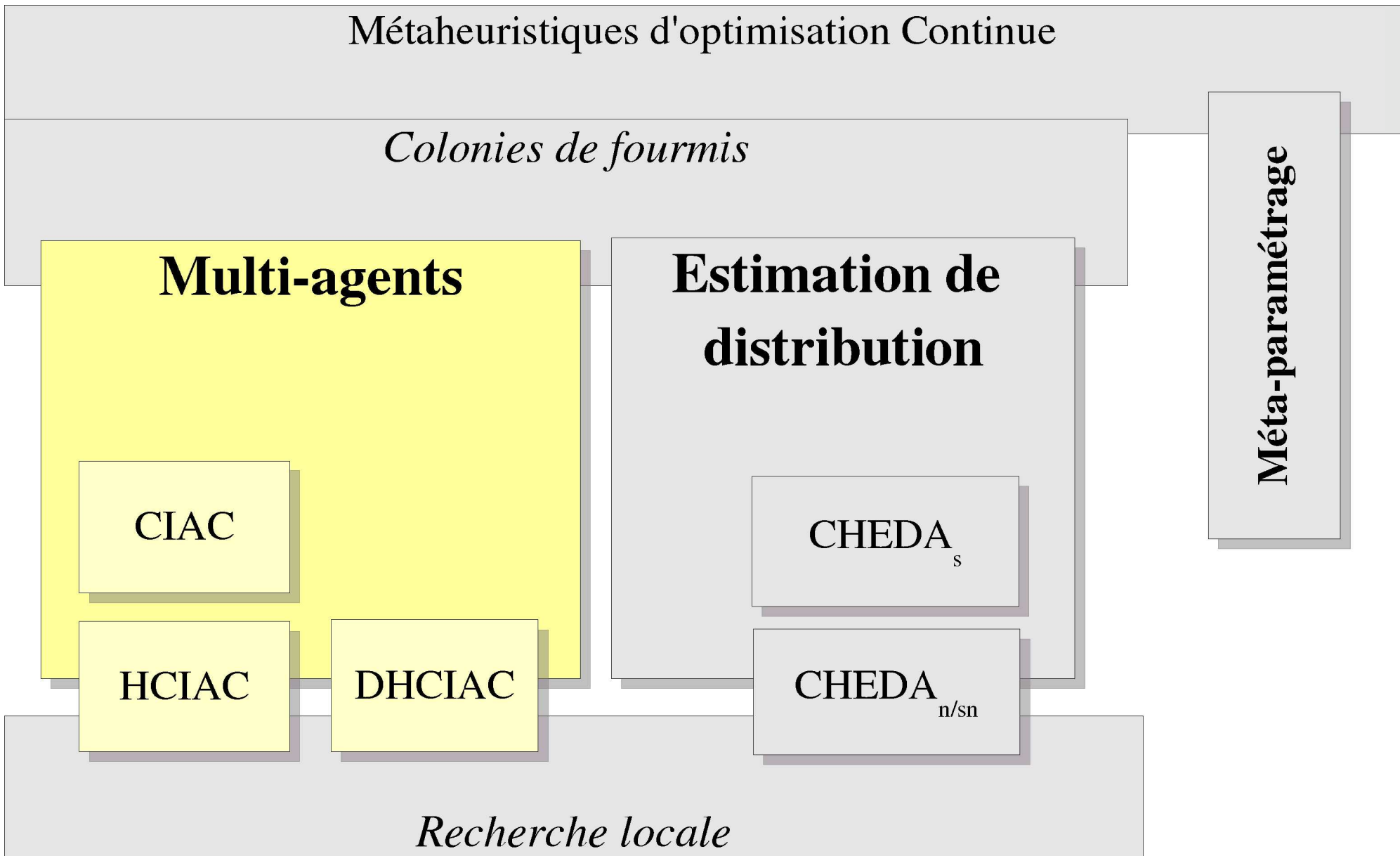
Plan : algorithmes



Plan : problèmes



Plan : algorithmes

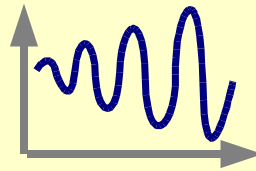


Auto-organisation : bases

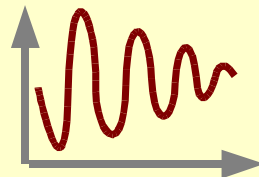
Composants **simples** $\xrightarrow{\text{Émergence}}$ Système **complexe**
(interactions)

Rétroactions :

Positives
Amplification



Négatives
Stabilisation

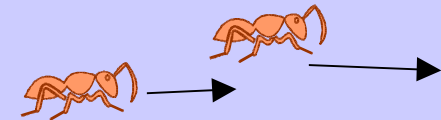


Flux d'informations :

Signaux



Indices



Auto-organisation & métaheuristiques

BUT

Programmation
à **mémoire** adaptative :

Intensification

Diversification

MOYEN

Auto-organisation :

Rétroactions

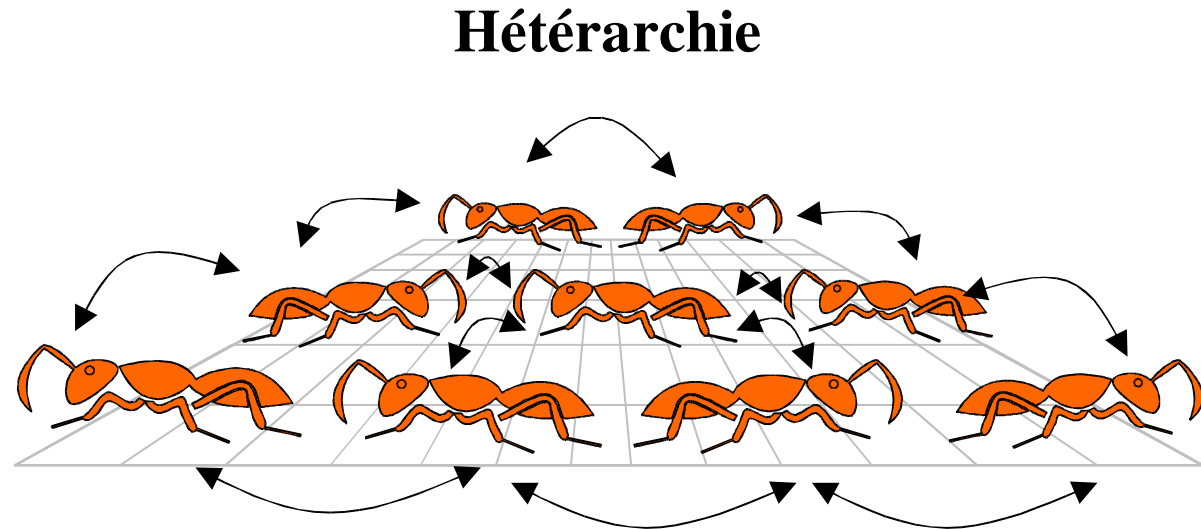
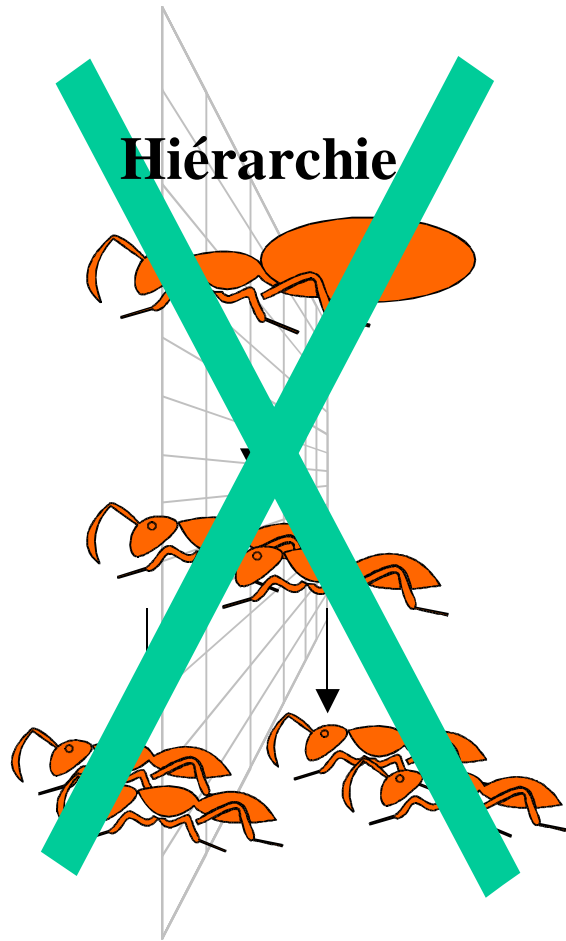
Communication

Émergence



- **Population**
- **Parallélisme**
- **Flexibilité**

Hétérarchie



Wilson & Hölldobler, 1988

Dense Heterarchy and mass communication as the basis of organization in ant colonies.

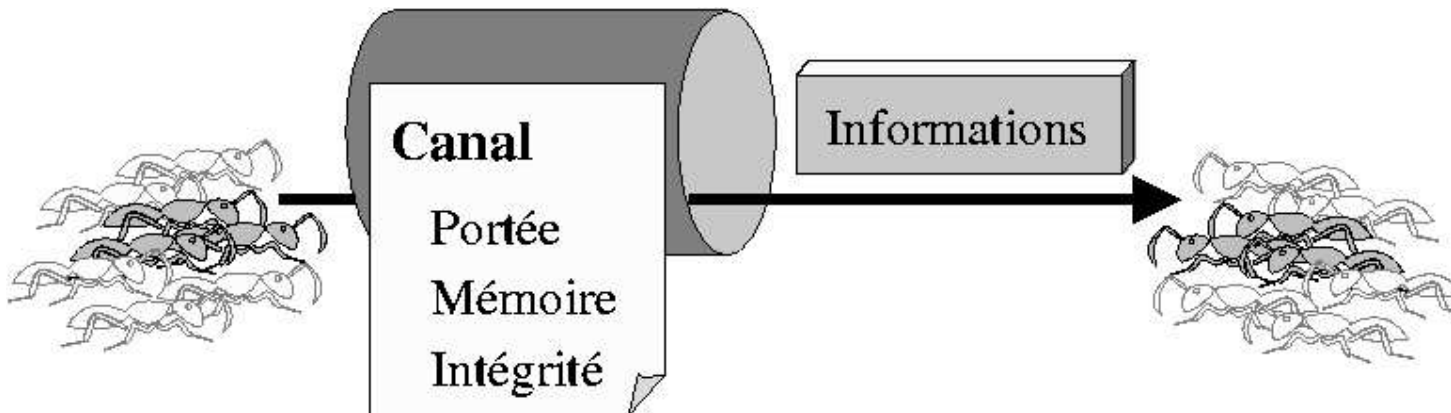
Trends in Ecology and Evolution, 3:65-68

Canaux de communication

Informations {
Nourriture
Défense
...

Canaux {
Pistes
Trophallaxies
...

Propriétés {
Indirecte
Mémoire
Modifiée
...

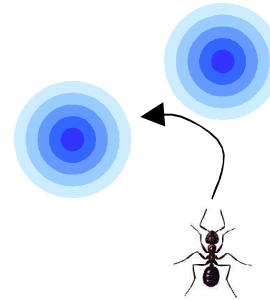


CIAC

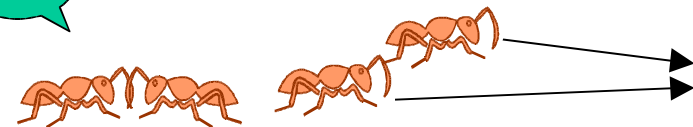
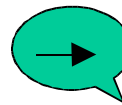
« *Continuous Interacting Ant Colony* »

2 canaux

• Pistes de phéromone



• Recrutement direct



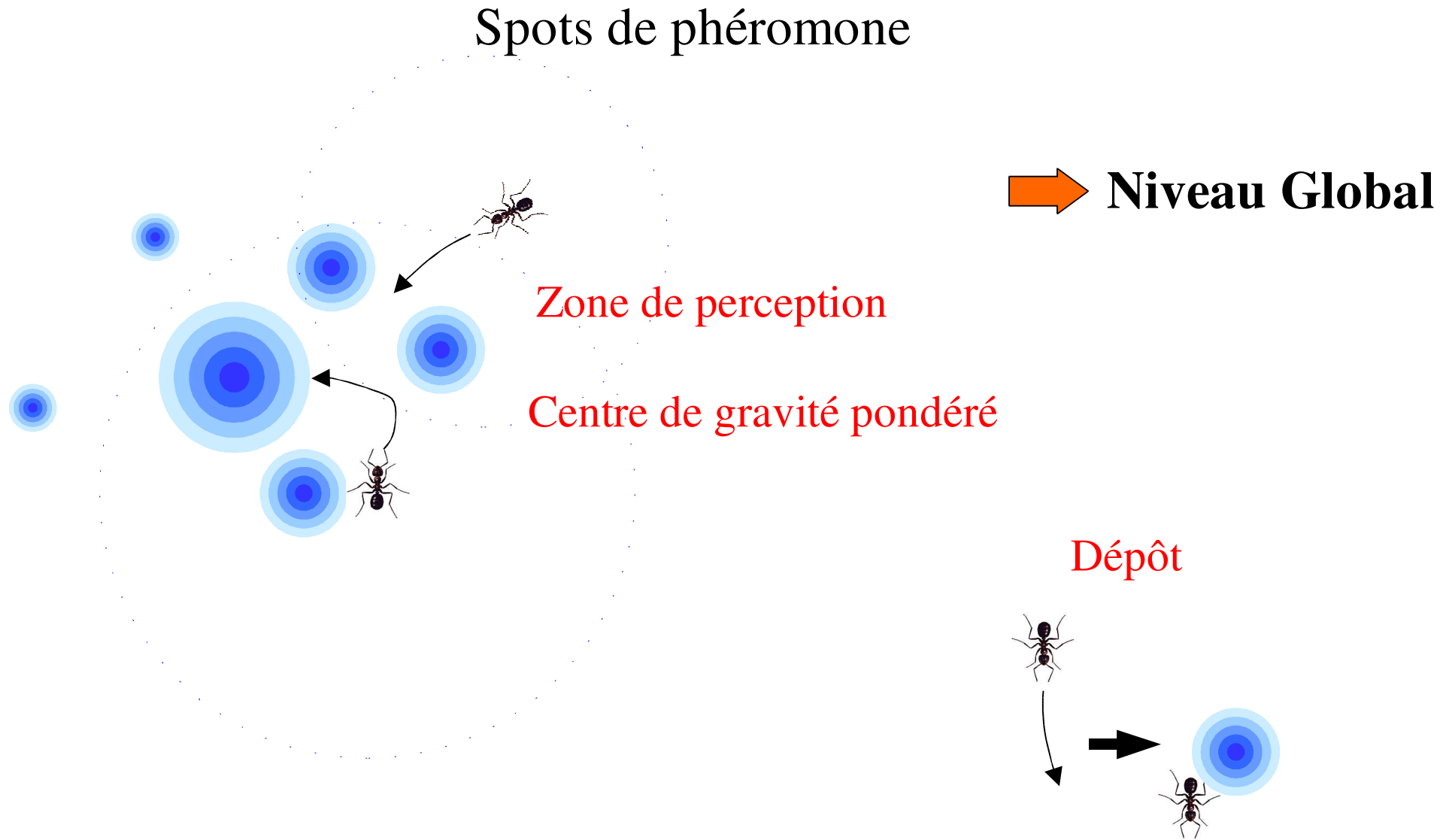
Dréo & Siarry, 2004

Continuous Interacting Ant Colony Algorithm Based on Dense Heterarchy

Future Generation Computer Systems

20/5:841-856

CIAC : canal indirect

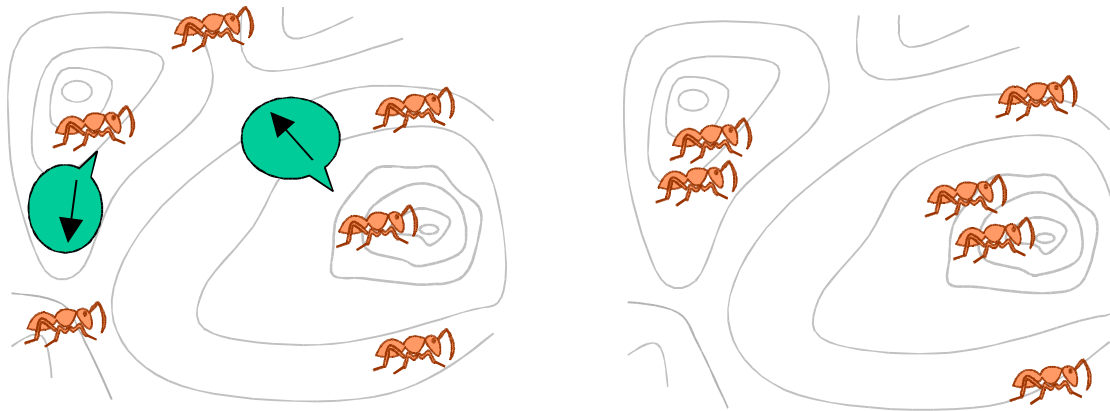


CIAC : canal direct

Communication Directe Interindividuelle

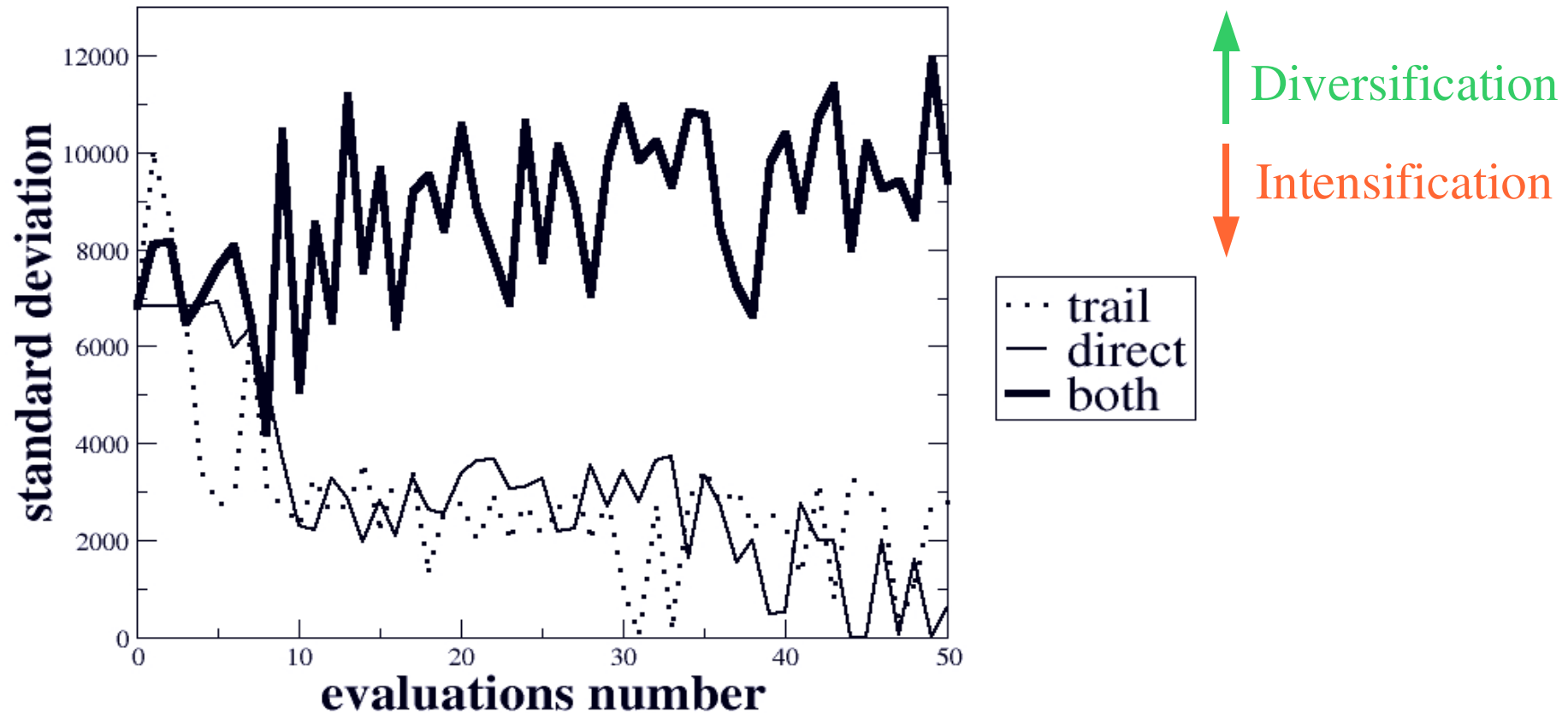
Informations :

Messages ↔ *Amélioration fonction objectif*
Position région d'intérêt



➔ **Niveau Local**

CIAC : synergie canaux de communication



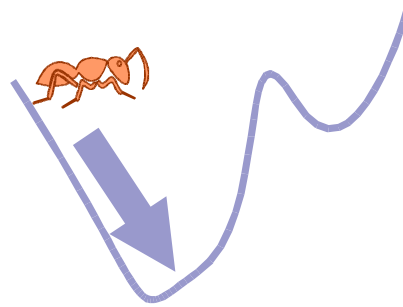
- Synergie entre les deux canaux
- Régulation de l'importance des canaux

CIAC : résultats

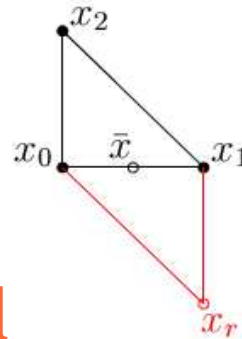
- Gourmand en **évaluations**
- Mauvaise recherche **locale**
- Relativement **flexible**

HCIAC

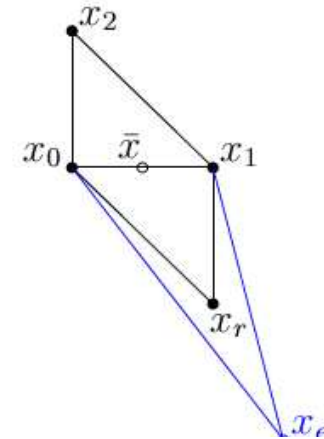
CIAC + Recherche locale



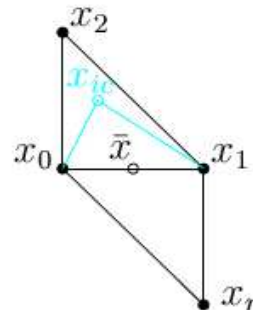
Simplexe de Nelder-Mead



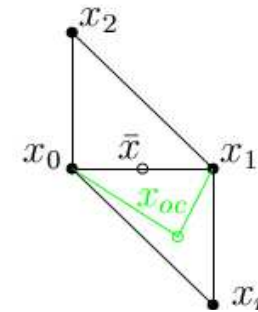
a) Réflexion



b) Expansion



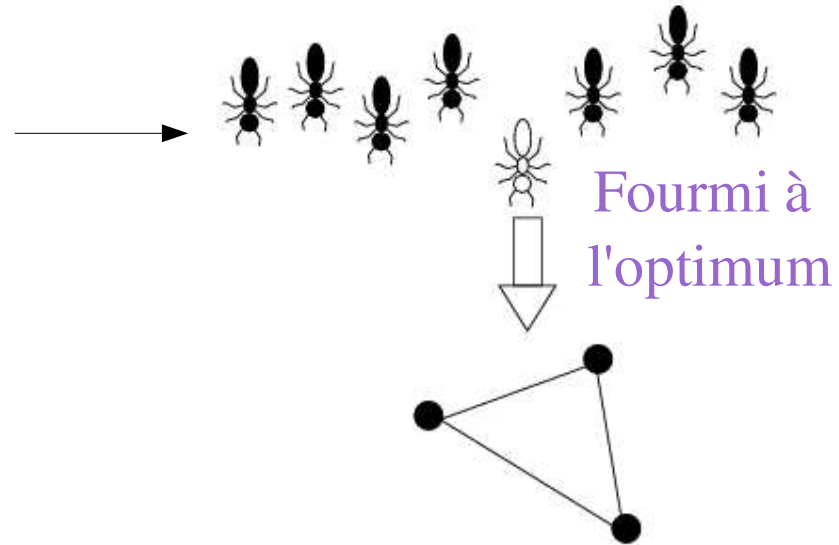
c) Contraction interne



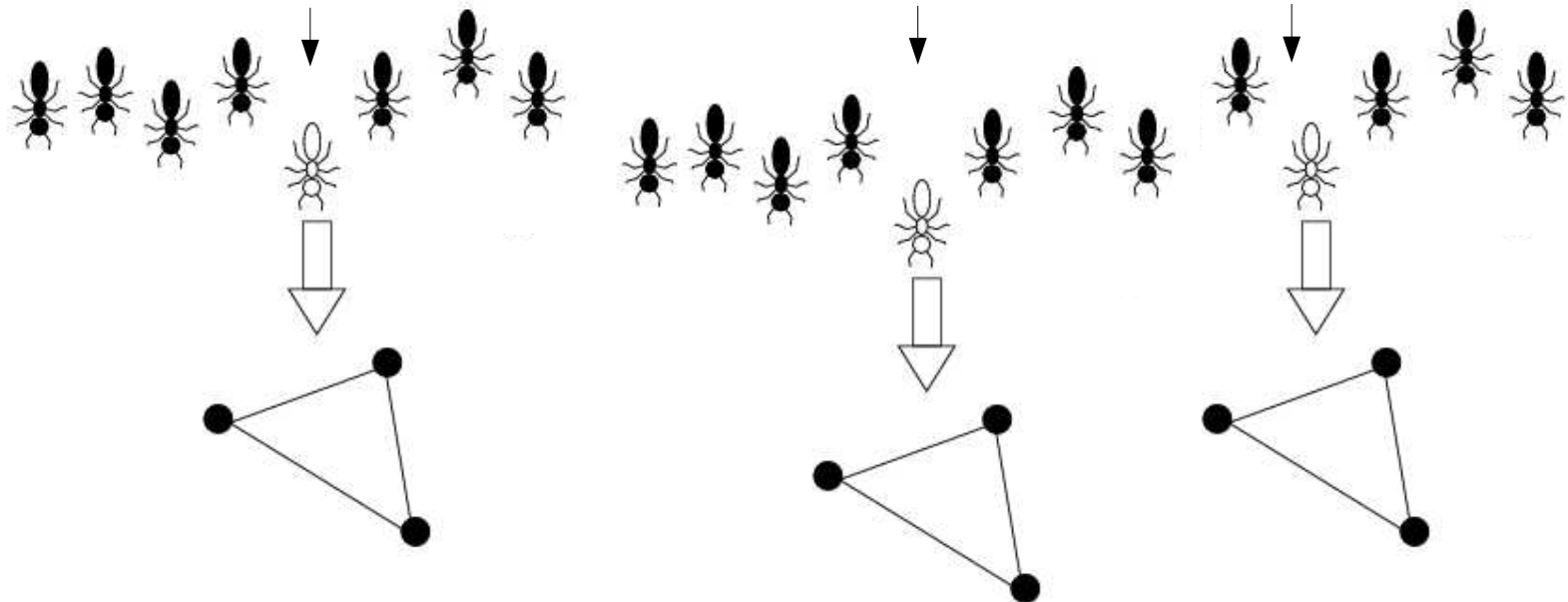
d) Contraction externe

Hybridations simples

Terminale Algorithme...



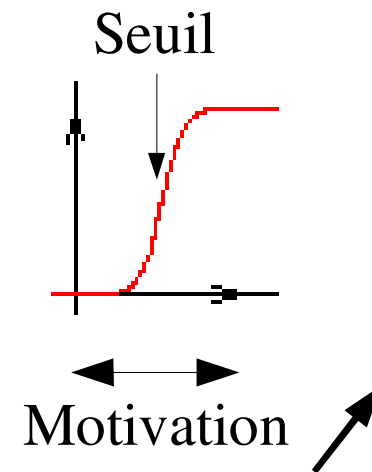
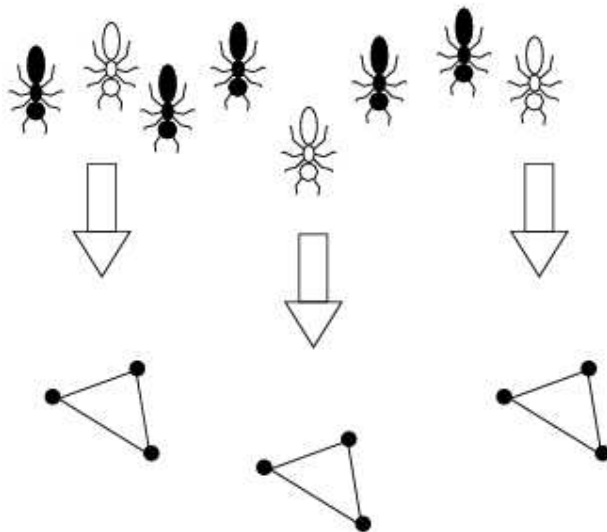
Périodique Algorithme...



HCIAC : hybridation décentralisée

Déclenchement simplex ?

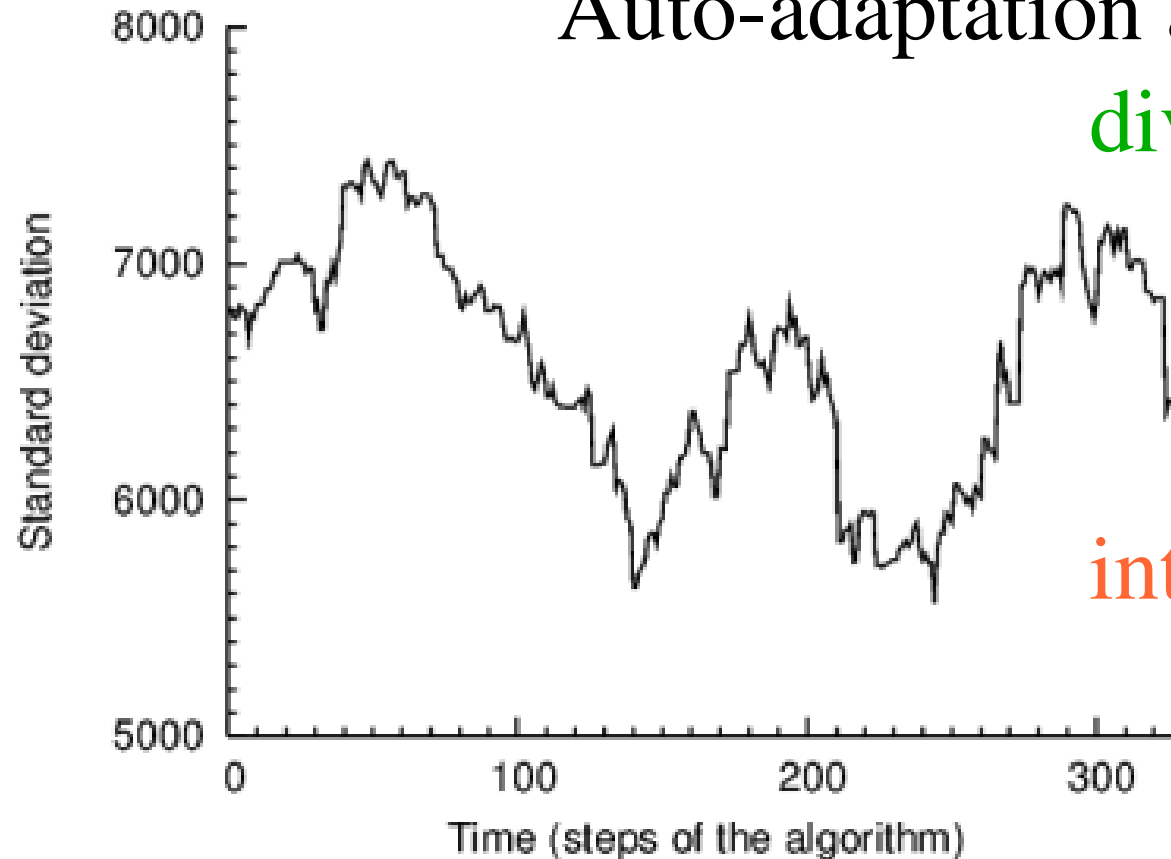
Algorithme...



HCIAC : oscillations

Auto-adaptation à la fonction :

diversification

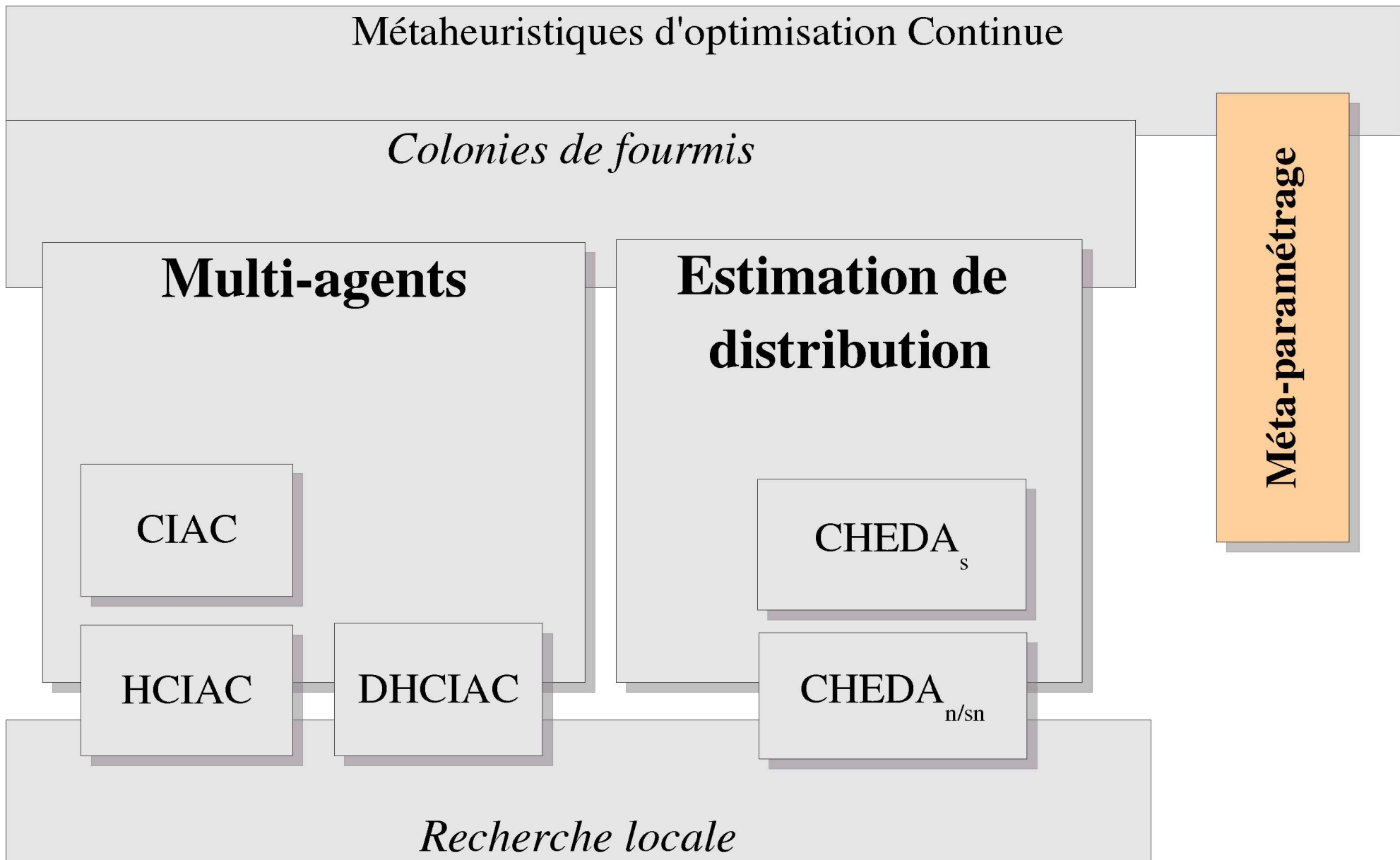


intensification

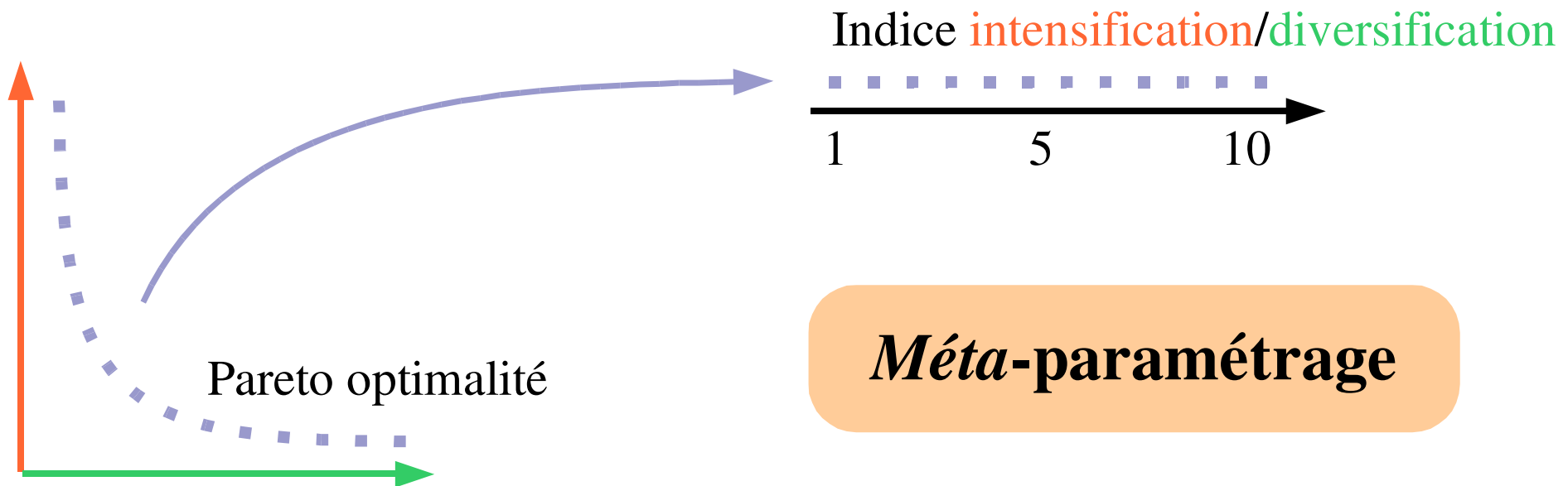
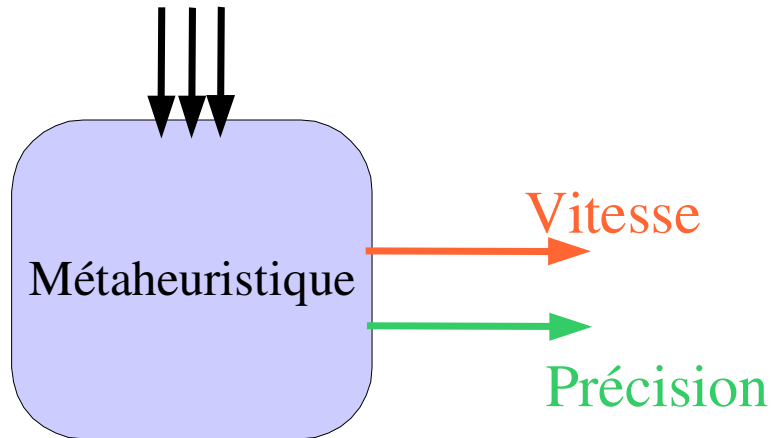
HCIAC : résultats

- Gourmand en **évaluations**
- Bonne recherche **locale**
- Bonne **précision**
- **Efficace**

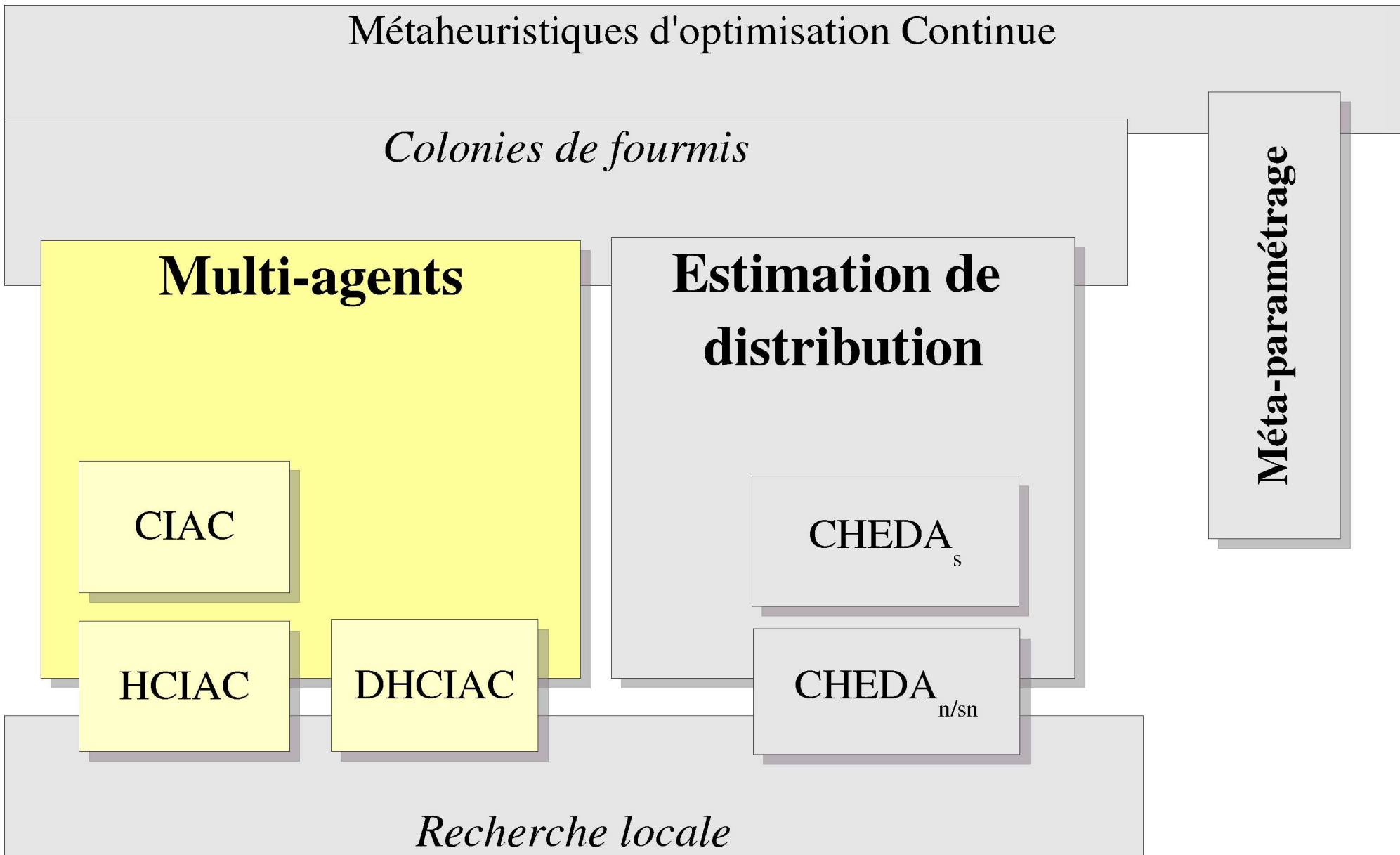
Plan : algorithmes



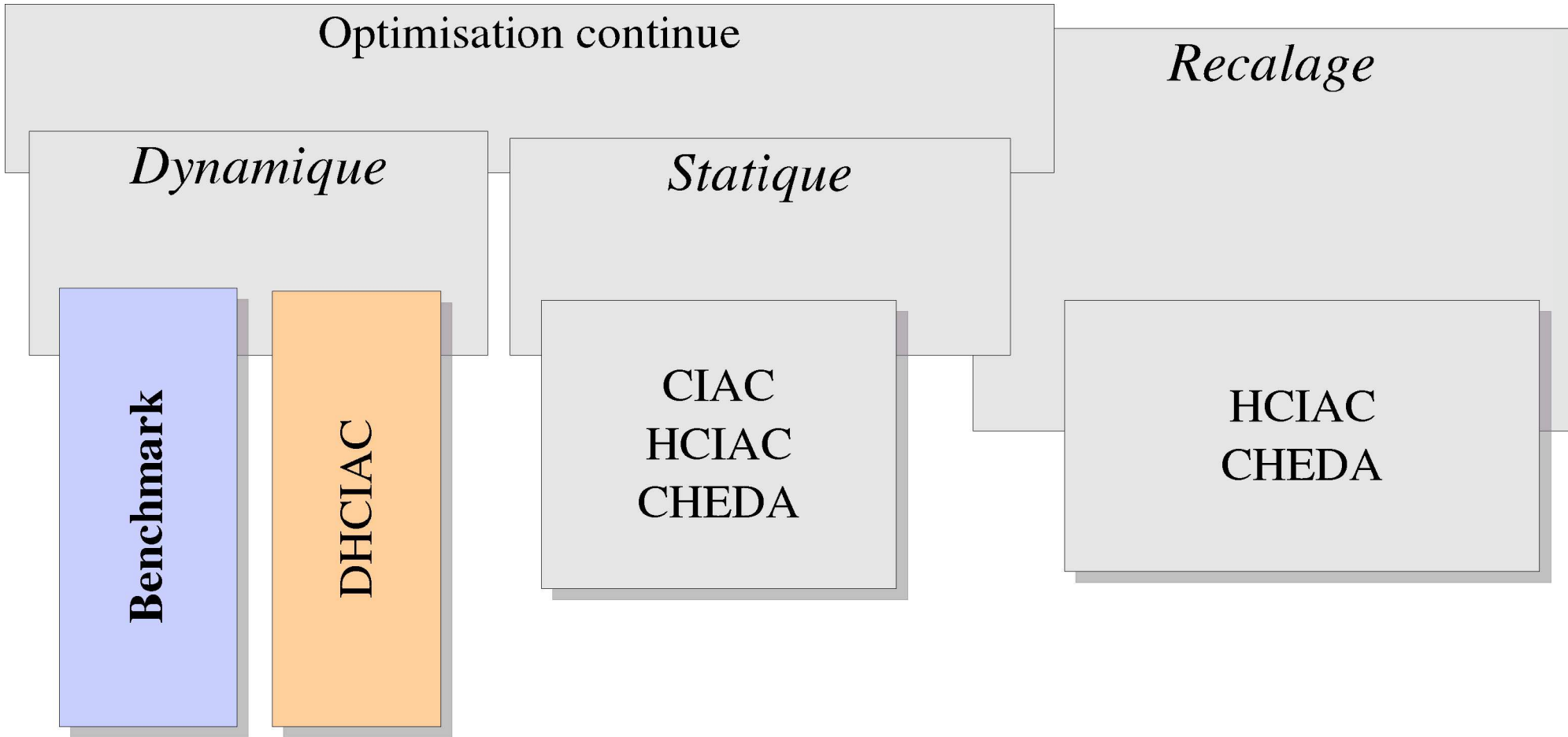
Paramétrage : problème d'optimisation



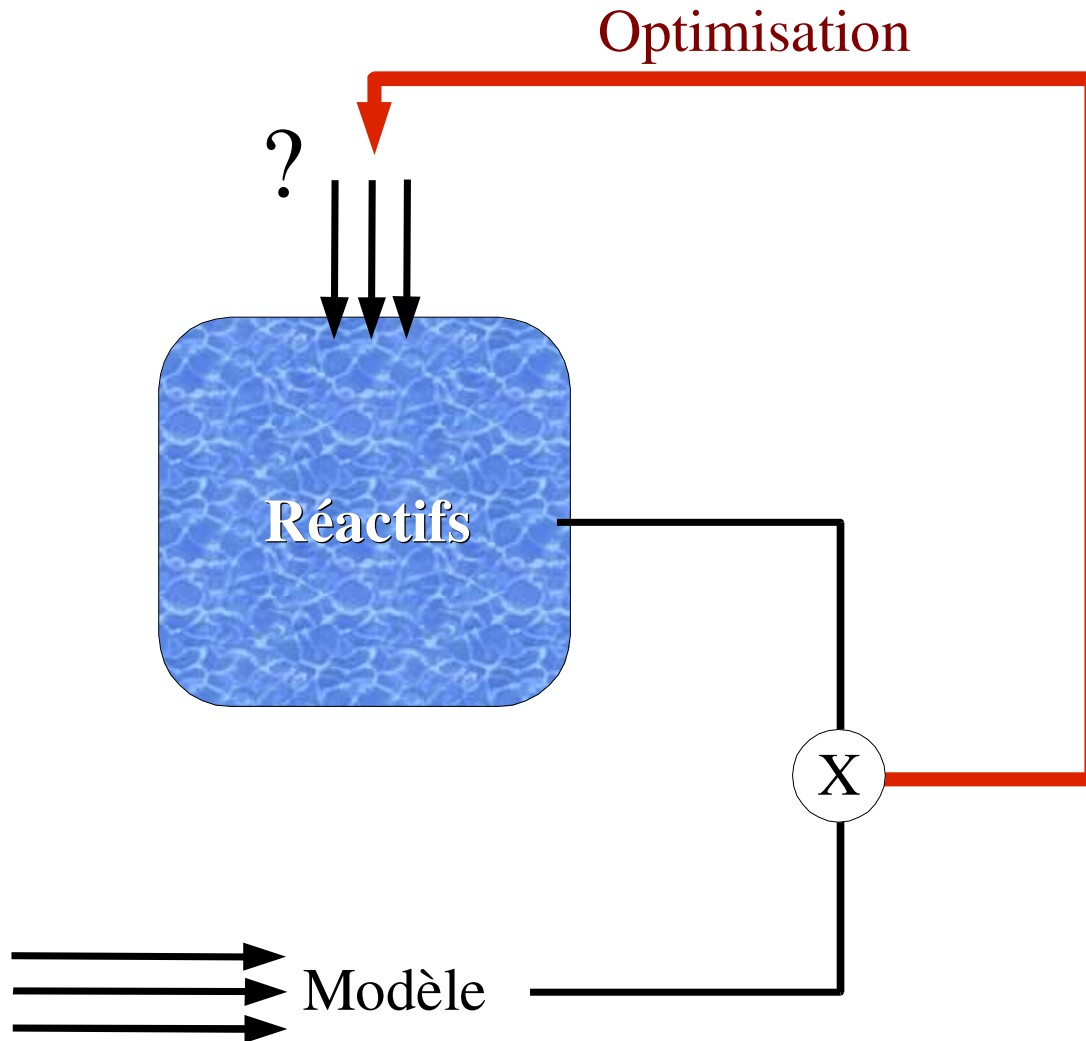
Plan : algorithmes



Plan : problèmes

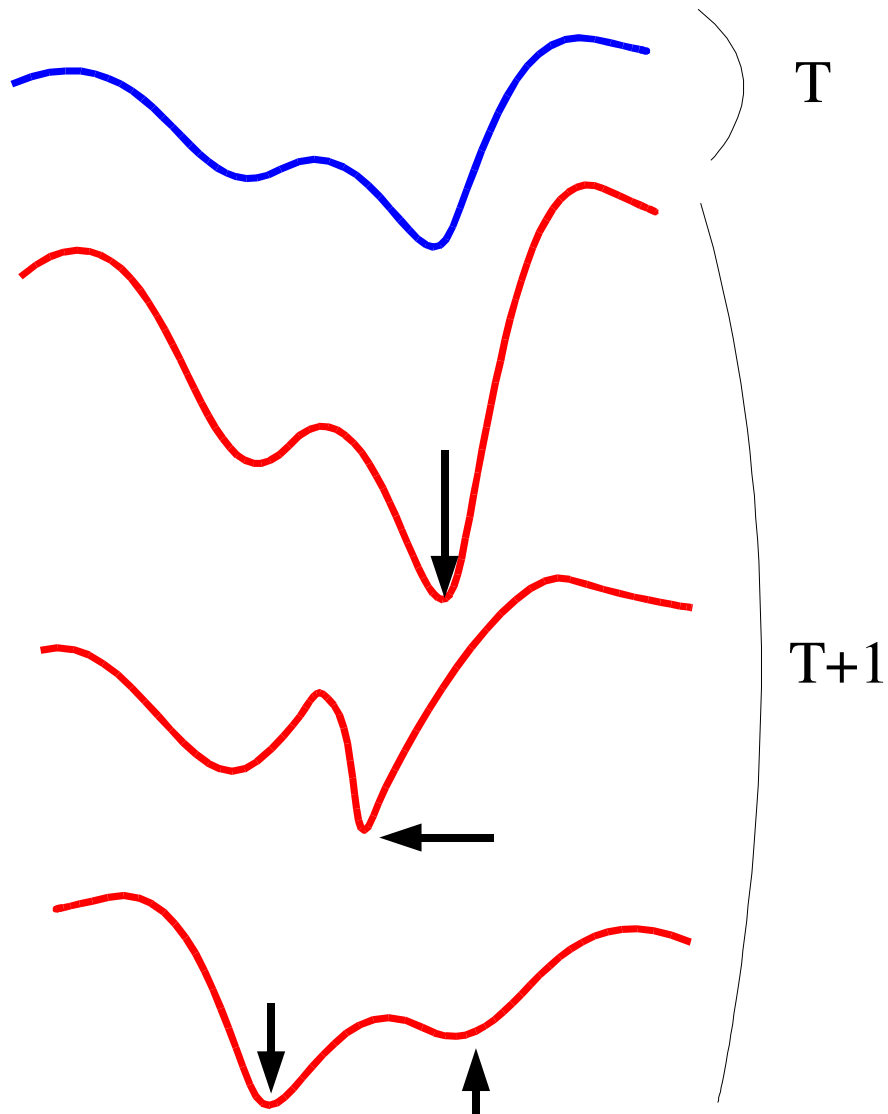


Optimisation dynamique



- Dynamique
- Temps réel
- Non stationnaire

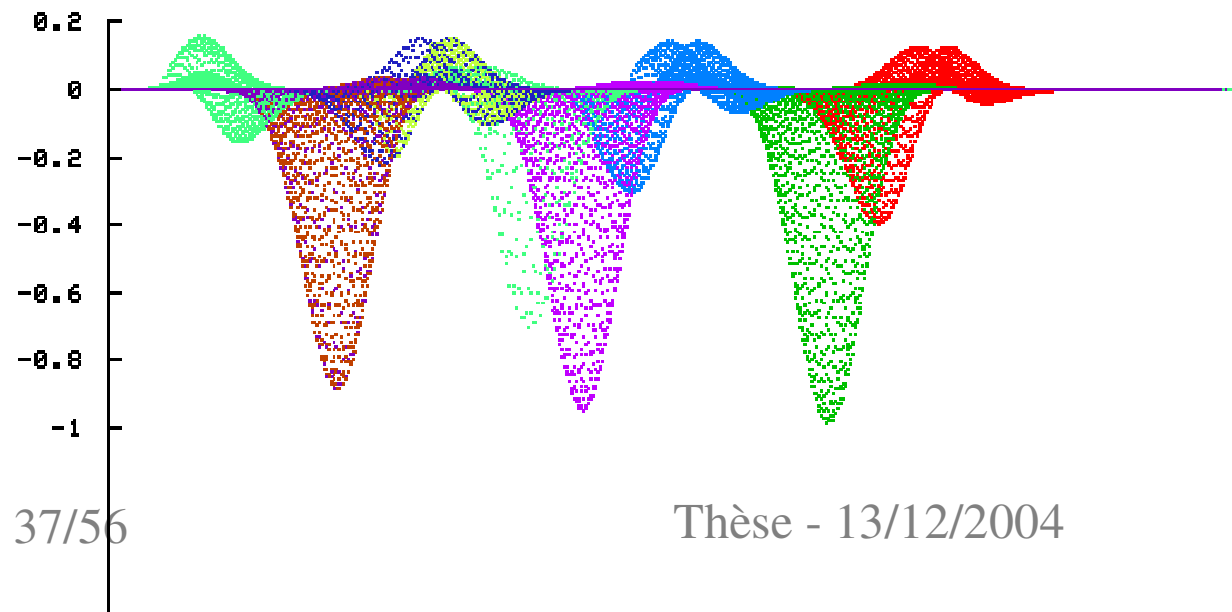
Optimisation dynamique : classes



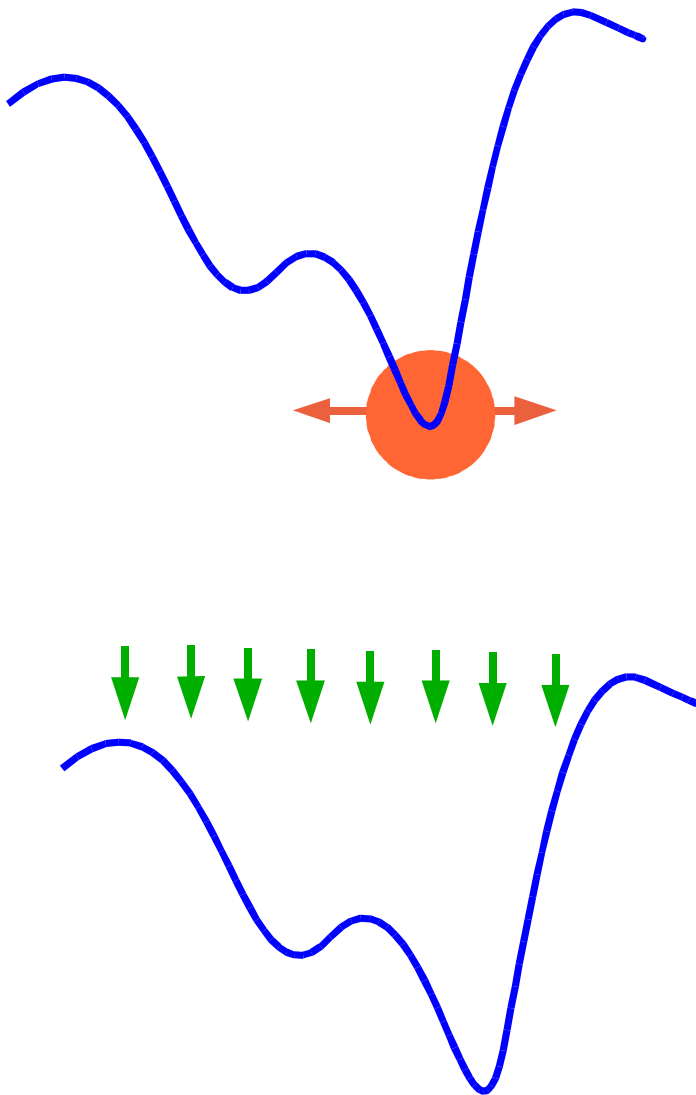
Formalisation :

- Classes de problèmes de base
- Benchmark

OPLF OPLS APLF APLS
OVPF OVPS AVPF AVPS
ADLS O(P+V)PS



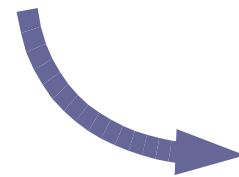
Optimisation dynamique : DHCIAC



Mémoire

Intensification / « tracking »

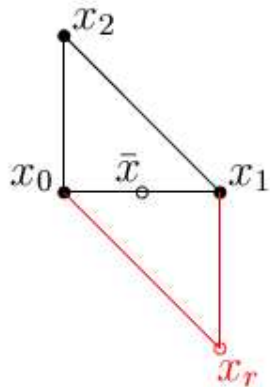
Diversification permanente



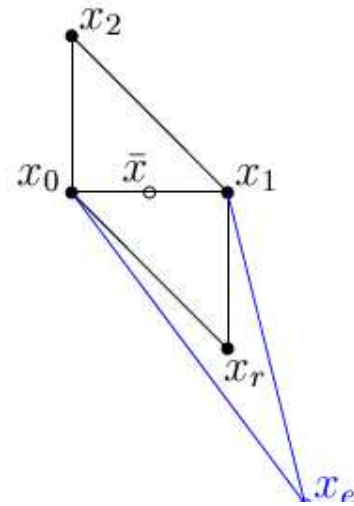
DHCIAC

DHCIAC recherche locale

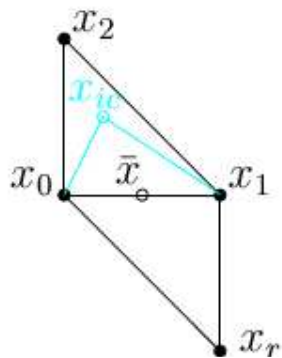
Simplex de Nelder-Mead



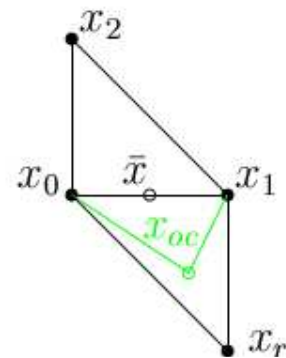
a) Réflexion



b) Expansion



c) Contraction interne



d) Contraction externe

Xiong & Jutan, 2003

*Continuous optimization using a
dynamic simplex method*
Chemical Engineering Science
58/16:3817-3828

DHCIAC

DHCIAC_{track}

- Simplexe dynamique
- Taille initiale : zone visible
- Grand nombre de réflexions
- Beaucoup de fourmis
- Évaporation faible

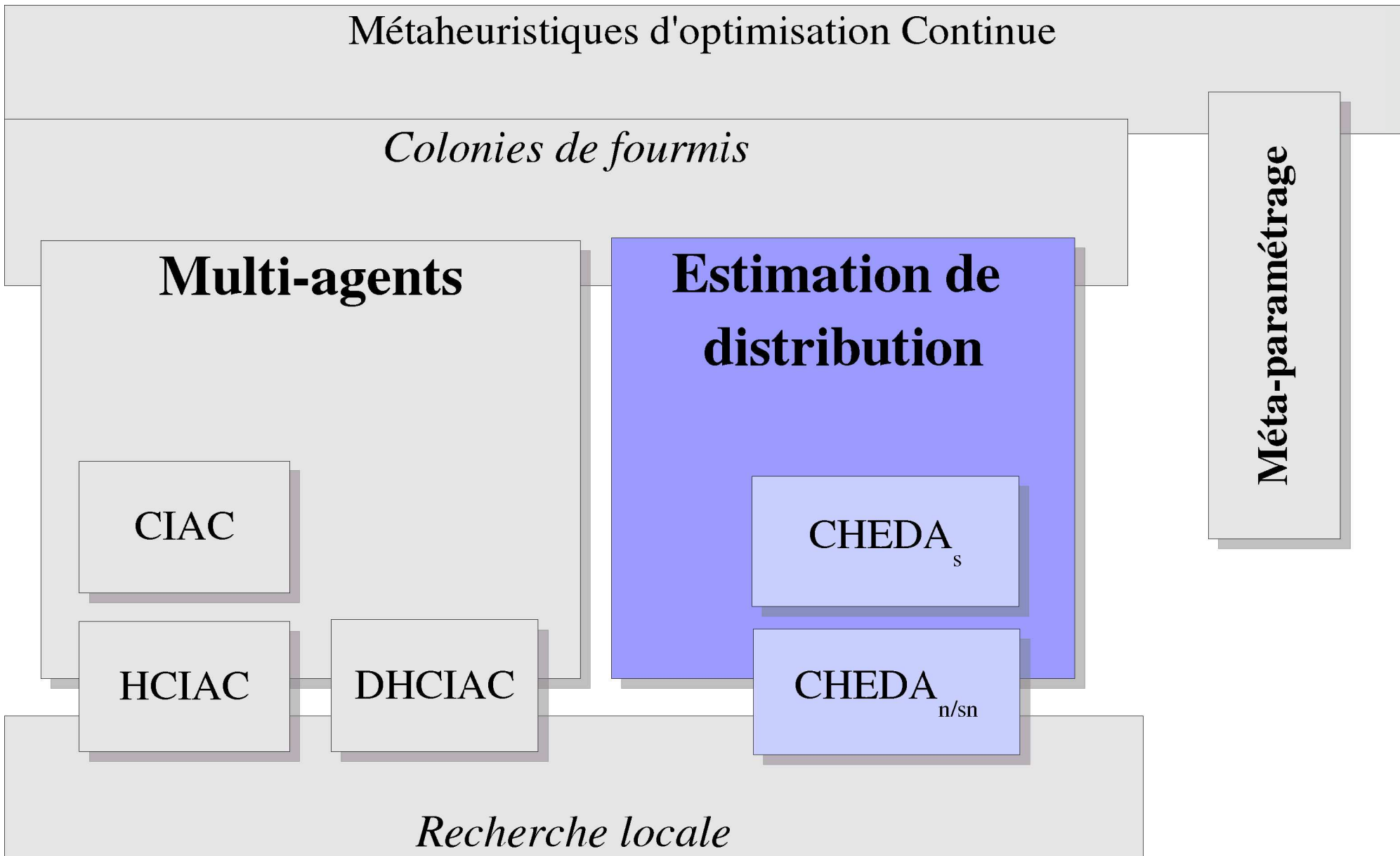
DHCIAC_{find}

- Simplexe statique
- Variations zone visible
- Petit nombre de réflexions
- Peu de fourmis
- Évaporation élevée
- Taille zone visible initiale

DHCIAC : résultats

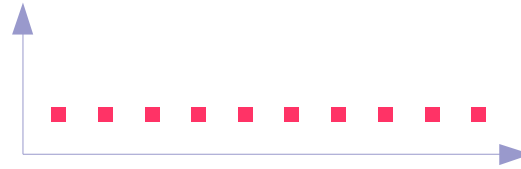
- Benchmark => Comparaison difficile
- Meilleur sur problèmes **lents**
- *track* => position (**intensification**)
- *find* => valeur (**diversification**)

Plan : algorithmes

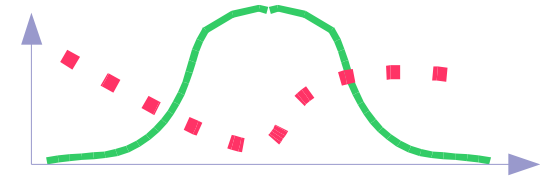


Estimation de distribution : IDEA

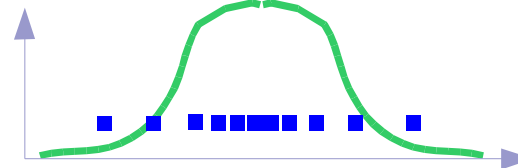
- Initialiser population



- Chercher une distribution adéquate



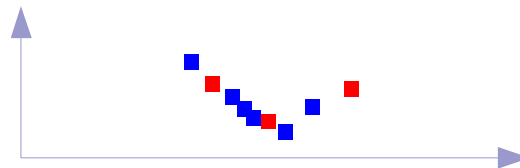
- Échantillonner



- Créer une population



- Évaluer

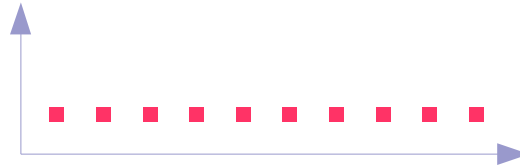


Bosman & Thierens, 2000

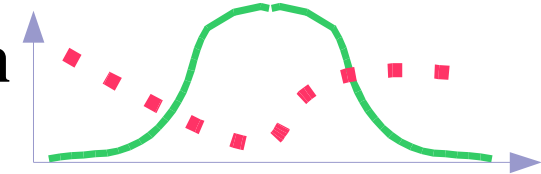
Continuous iterated density estimation evolutionary algorithms within the IDEA framework
Proceedings GECCO

IDEA & PMA : CEDA

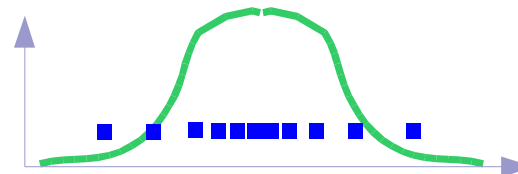
- Initialiser population



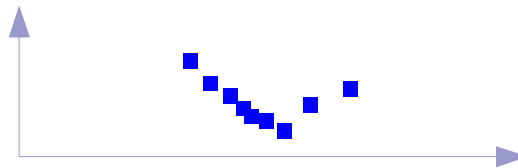
- Estimer les paramètres de la distribution (mémoire)



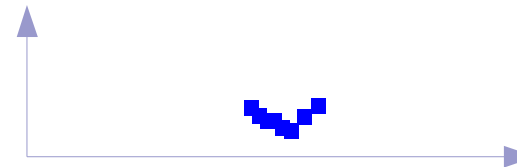
- Échantillonner (diversification)



- Évaluer

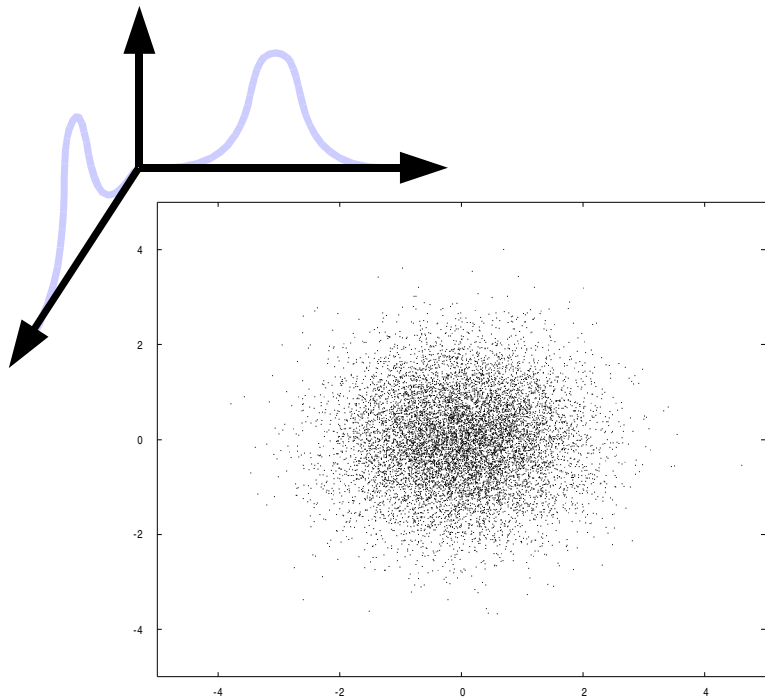
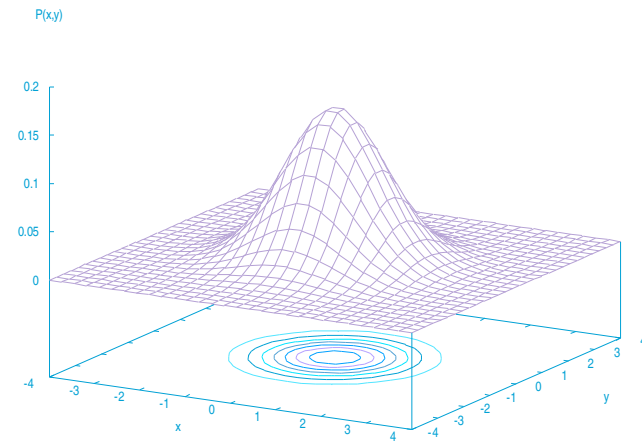


- Intensifier à partir de la population



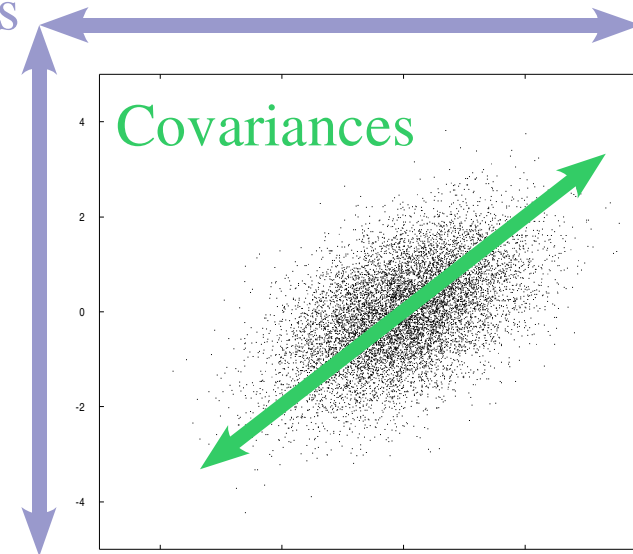
CEDA : distribution

Normale multivariante



Uni-variante

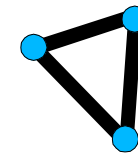
Variances



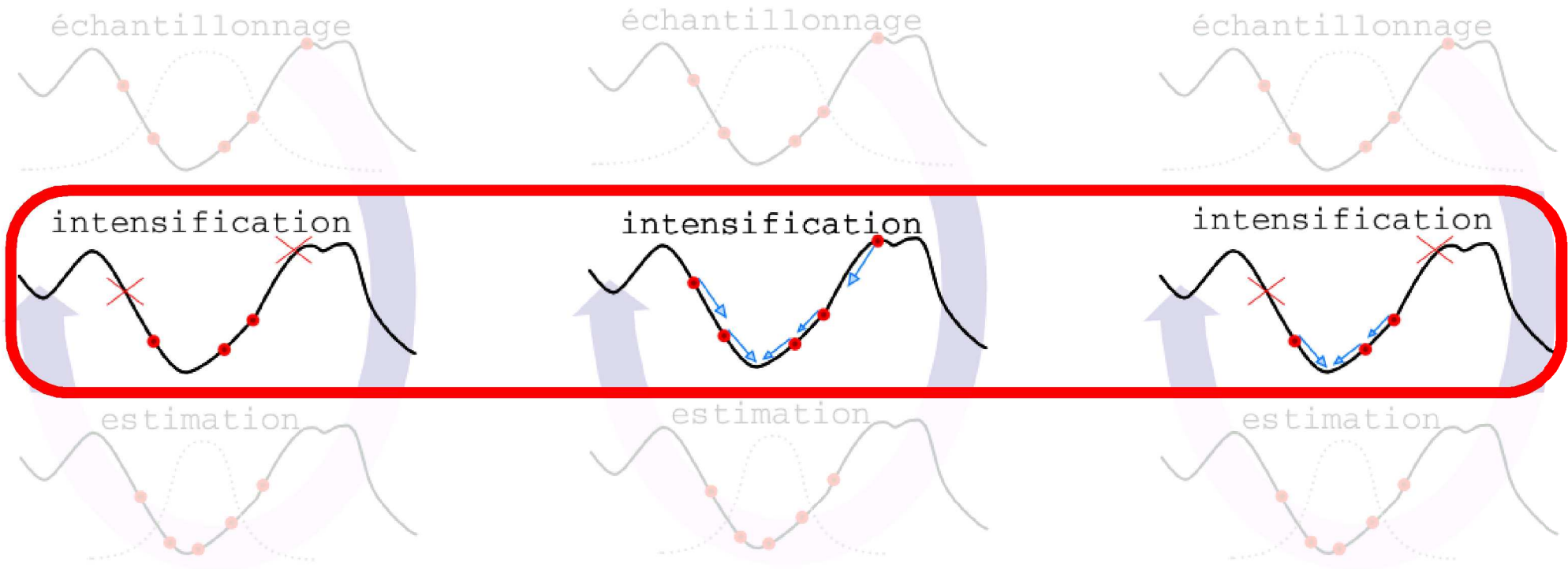
Covariances

Multi-variante

CHEDA



+ Nelder-Mead



Sélection

Nelder-Mead

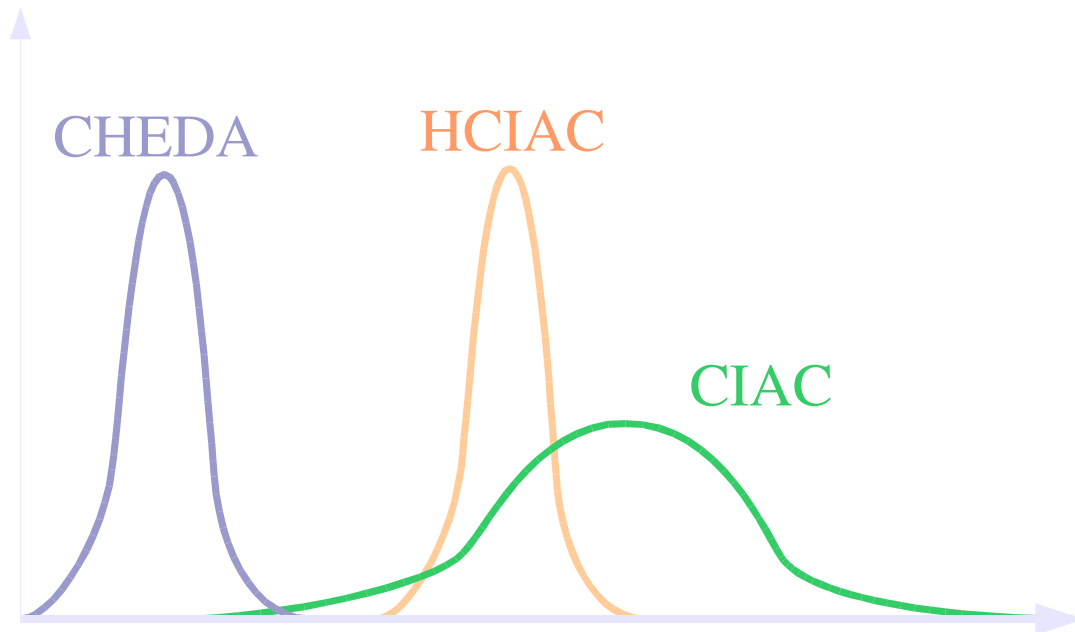
S+N

CHEDA : résultats

- Paramétrage et manipulation facile
- Rapide, Précis, Efficace
- CHEDAn + précis, mais + lent
- CHEDAsn préférable

Comparaisons

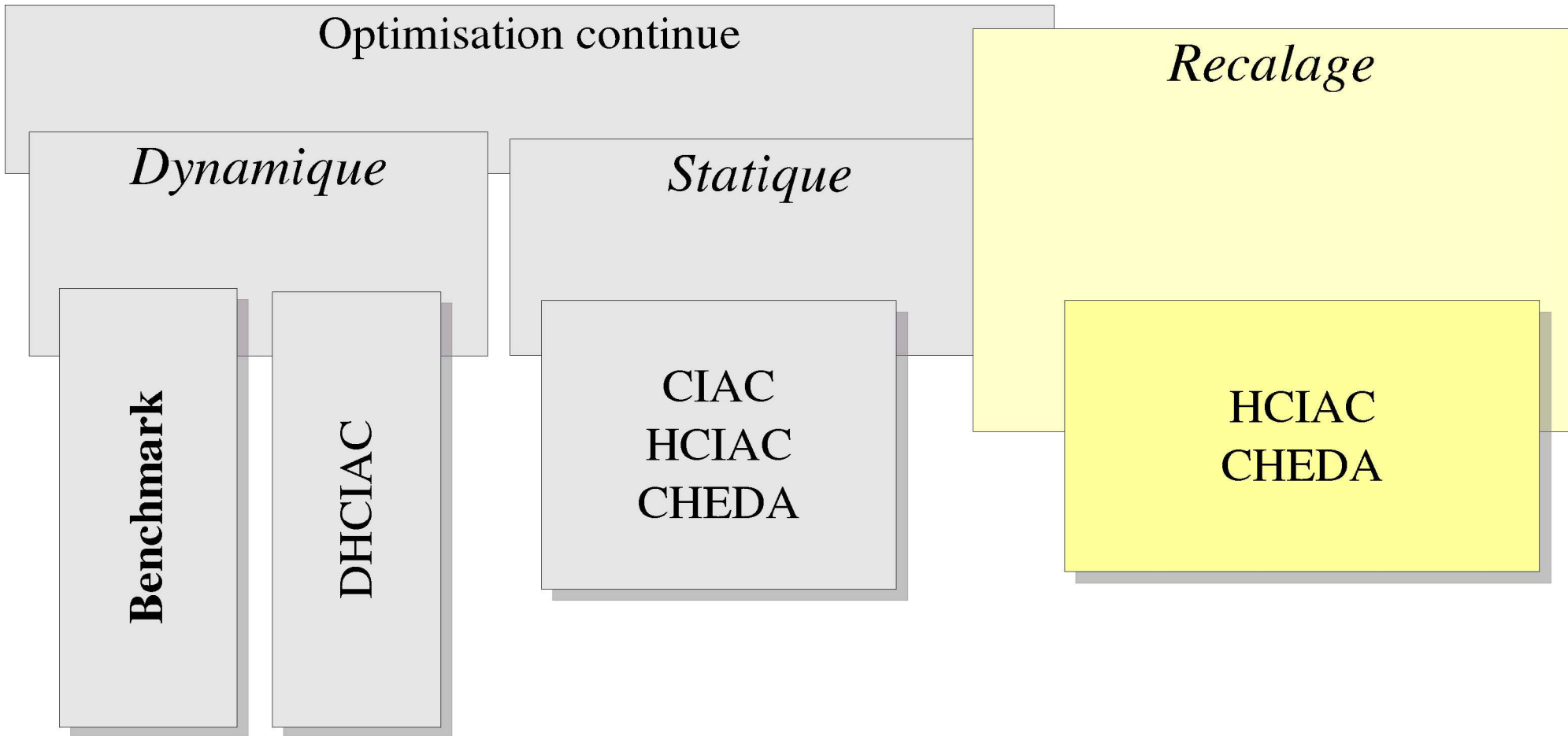
Abbr.	Type
ECTS	Tabou
CGA	AE
DE	AE
CACO	Fourmis
API	Fourmis
UMDAc	EDA
MIMICc	EDA
EGNA BIC	EDA
EGNA BGe	EDA
EGNAee	EDA
EMNAglobal	EDA
EMNAa	EDA



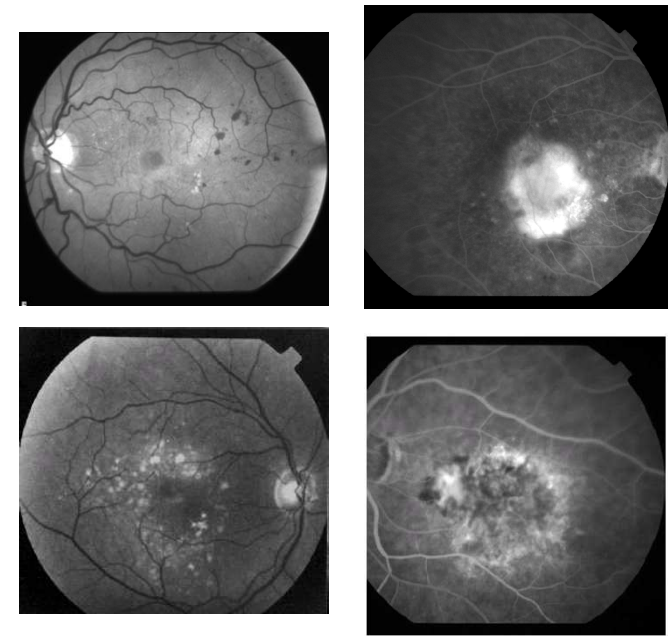
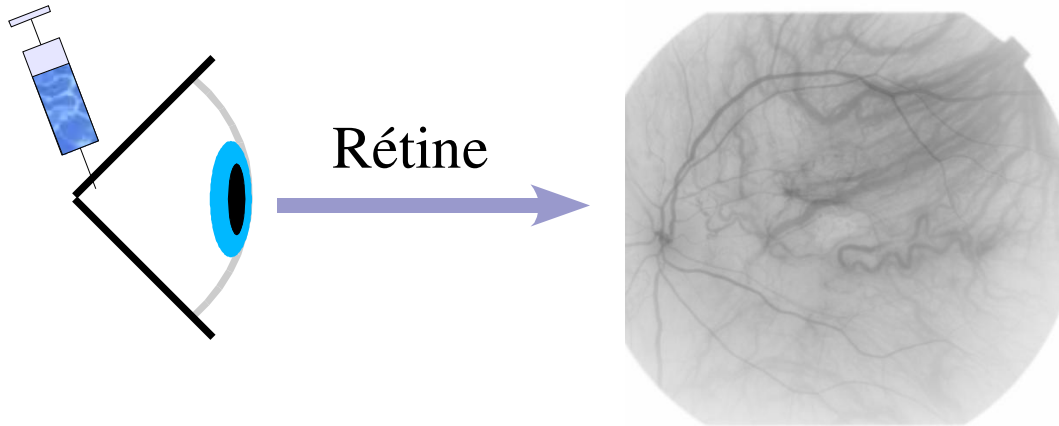
Plan

- Introduction
 - Optimisation
 - Métaheuristiques
- État de l'art
 - Programmation à mémoire adaptative
 - Algorithmes de colonies de fourmis
 - Auto-organisation
- Contributions
 - Multi-agents
 - Estimation de distribution
- Application : recalage d'images
- Conclusion & perspectives

Plan : problèmes

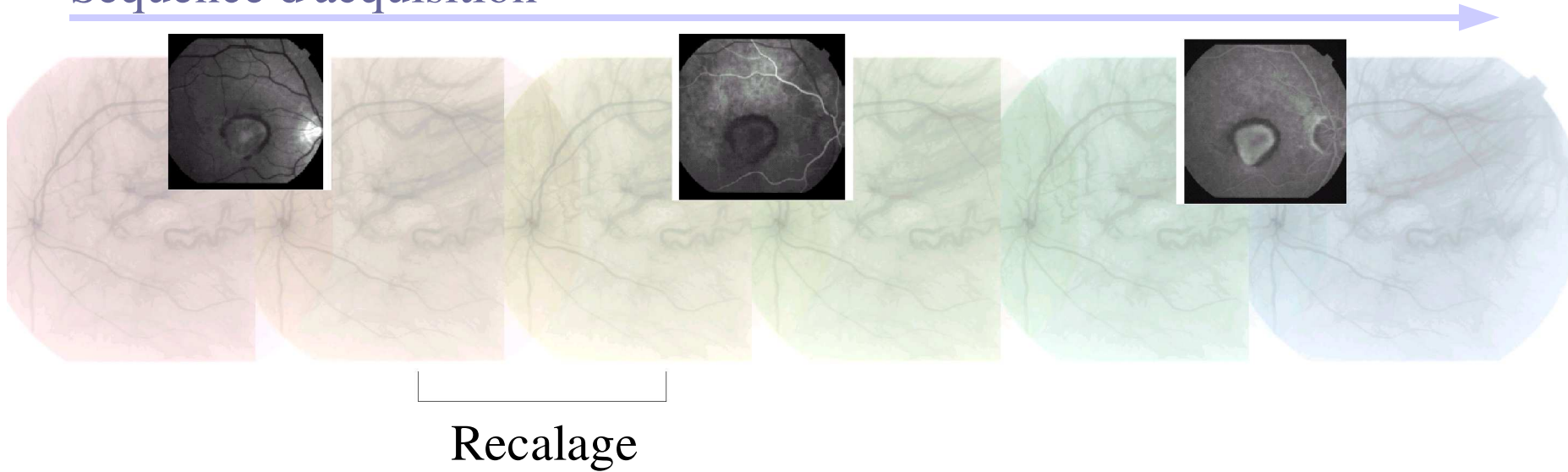


Problème de recalage



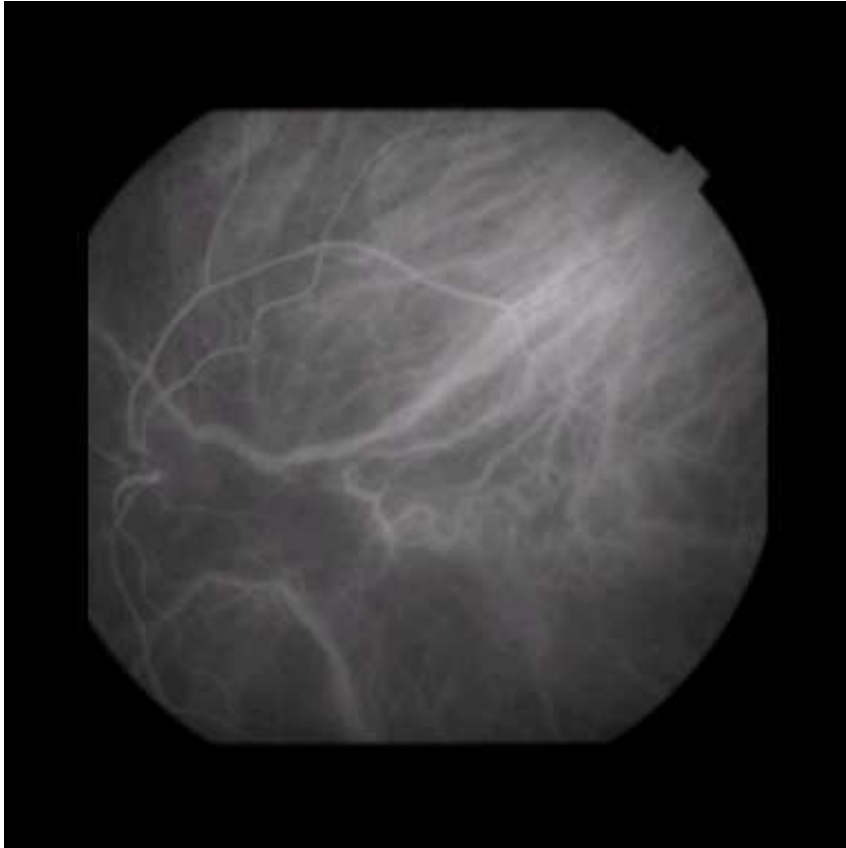
Pathologies

Séquence d'acquisition



Recalage : prétraitement

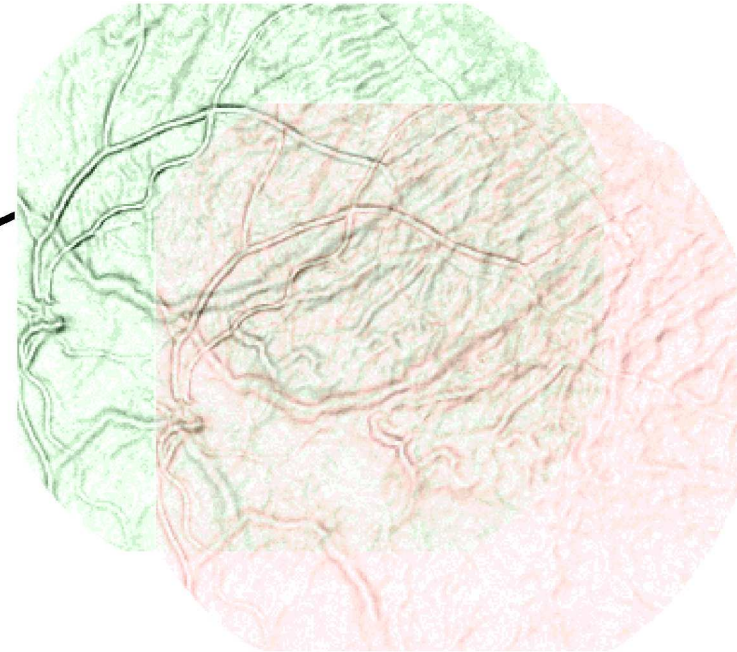
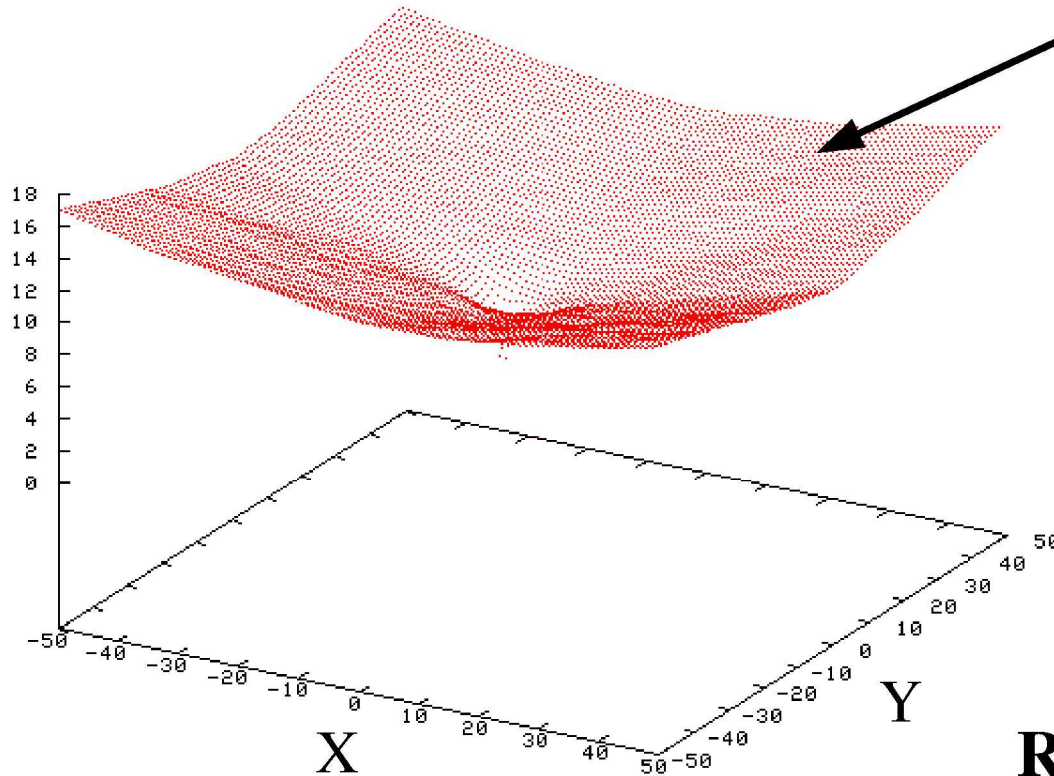
Filtrage de Wiener, gradient morphologique



J.C. Nunes

Recalage : fonction objectif

Fonction de similarité



Recherche locale : Flot optique

- Minima locaux
- Haute résolution

Recalage : méthodes

- NMS : rapide, peu robuste
- HCIAC : très lent, robuste
- CHEDA : lent, plus robuste

Métaheuristiques :

- + temps constant
- + méthodes globales

Plan

- Introduction
 - Optimisation
 - Métaheuristiques
- État de l'art
 - Programmation à mémoire adaptative
 - Algorithmes de colonies de fourmis
 - Auto-organisation
- Contributions
 - Multi-agents
 - Estimation de distribution
- Application : recalage d'images
- Conclusion & perspectives

Conclusion

Métaheuristiques d'optimisation Continue

Colonies de fourmis

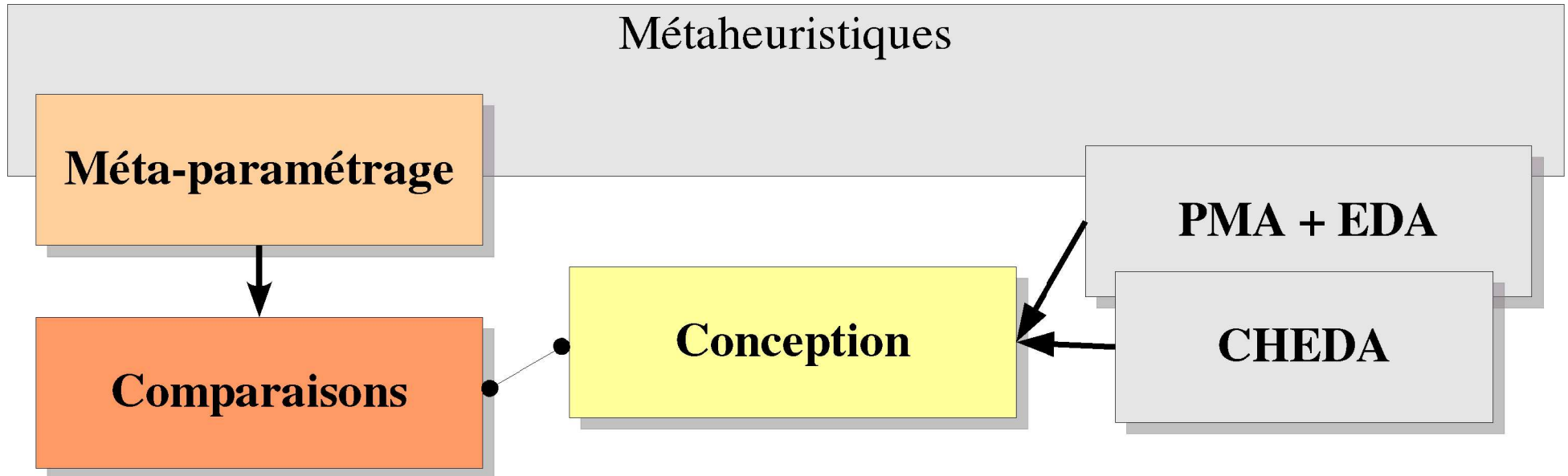
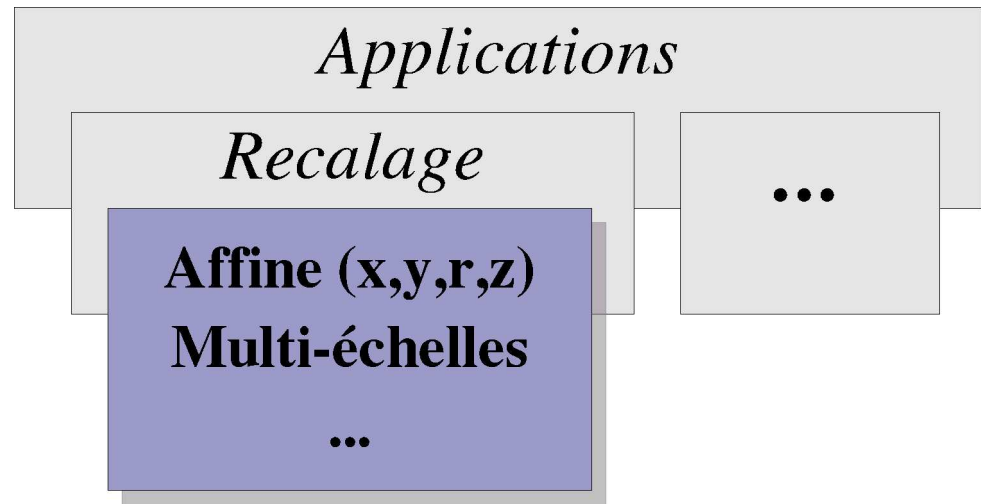
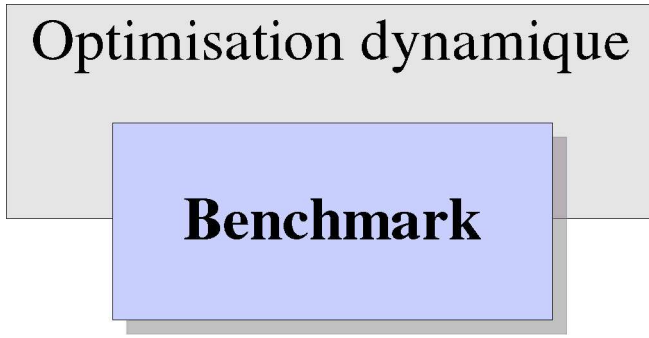
Multi-agents

- efficacité,
- difficile à manipuler,
- + structure
- + pas d'a priori.

Estimation de distribution

- + efficacité,
- + facile à manipuler,
- structure
- a priori.

Perspectives



-

Auto-organisation & Métaheuristiques : exemple

BUT

Programmation
à mémoire adaptative:

Intensification
Diversification

MOYEN

Auto-organisation :

Rétroactions
Flux d'infos

Fourmis :

- *Regroupement*
- *Aléatoire / phéromones*

OEP :

- *Regroupement*
- *Coopération*

Fourmis :

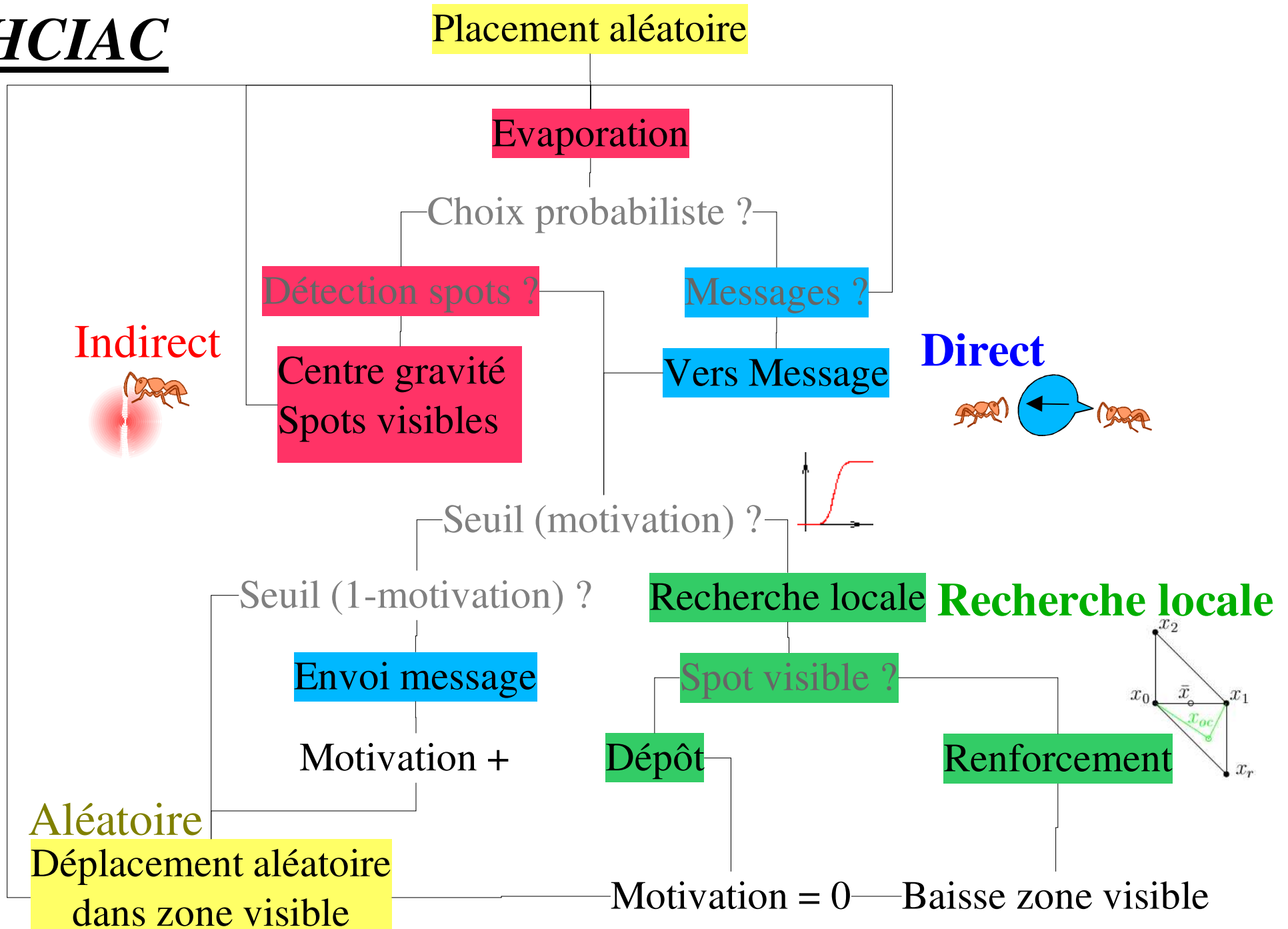
- *Renforcement / saturation*
- *Pistes*

OEP :

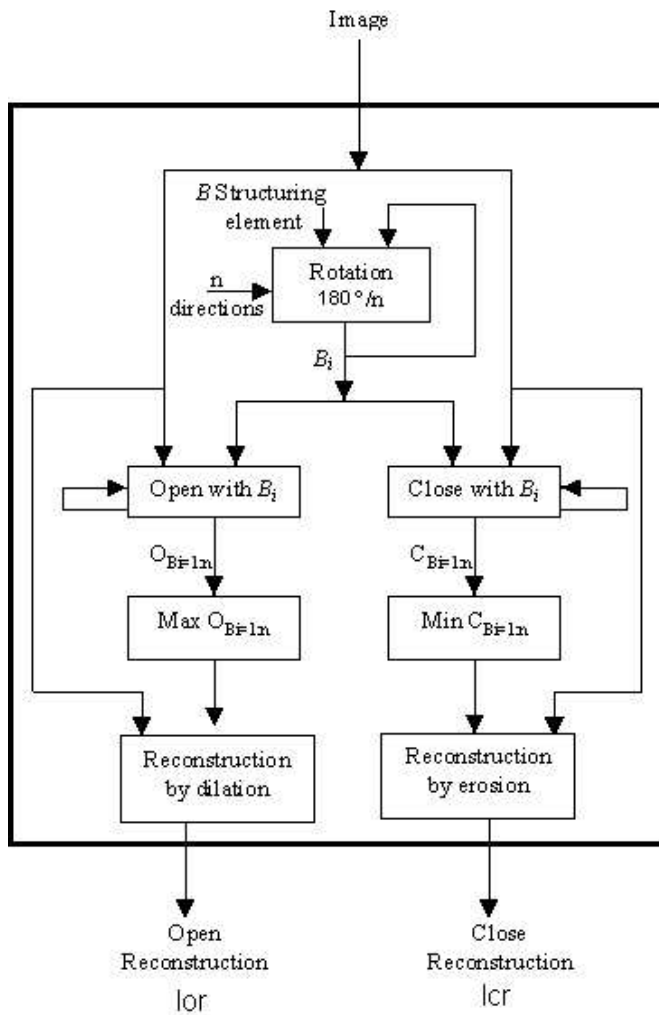
- *Attirance / inertie*
- *Valeur f_{OBJ}*

Émergence

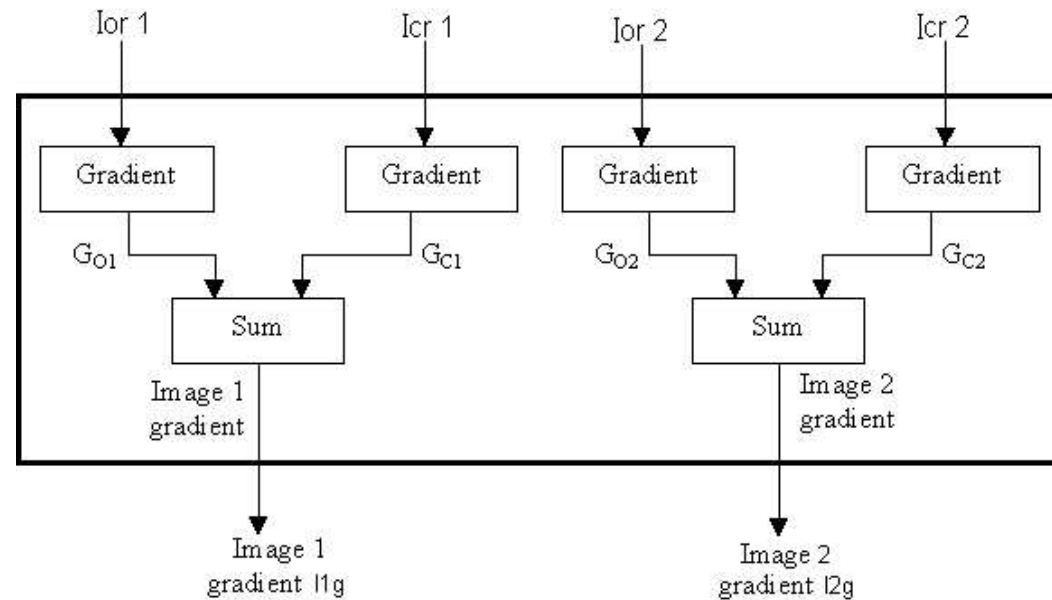




Pré-traitement pour recalage

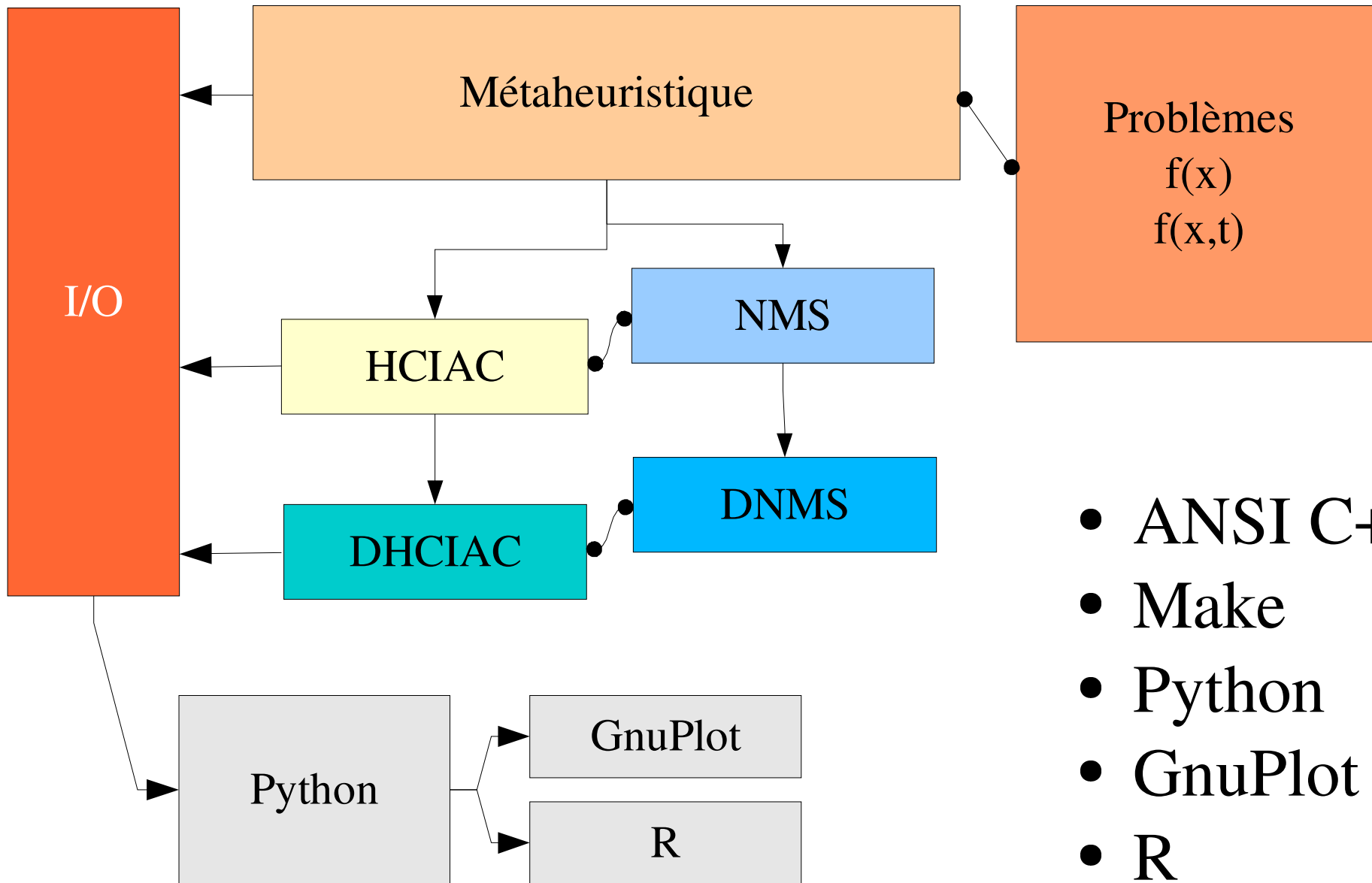


Filtrage morphologique



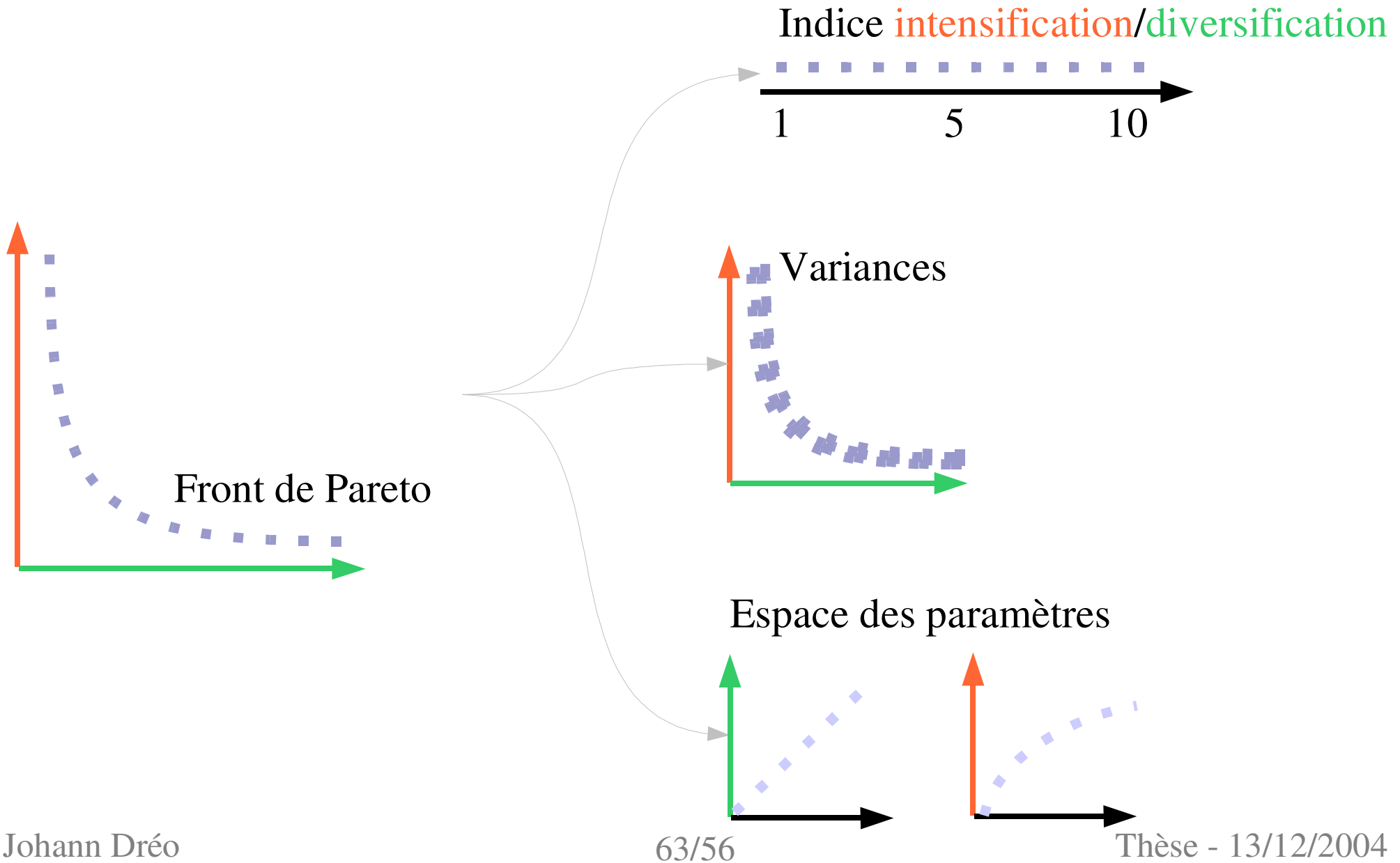
Gradient morphologique

Implémentation

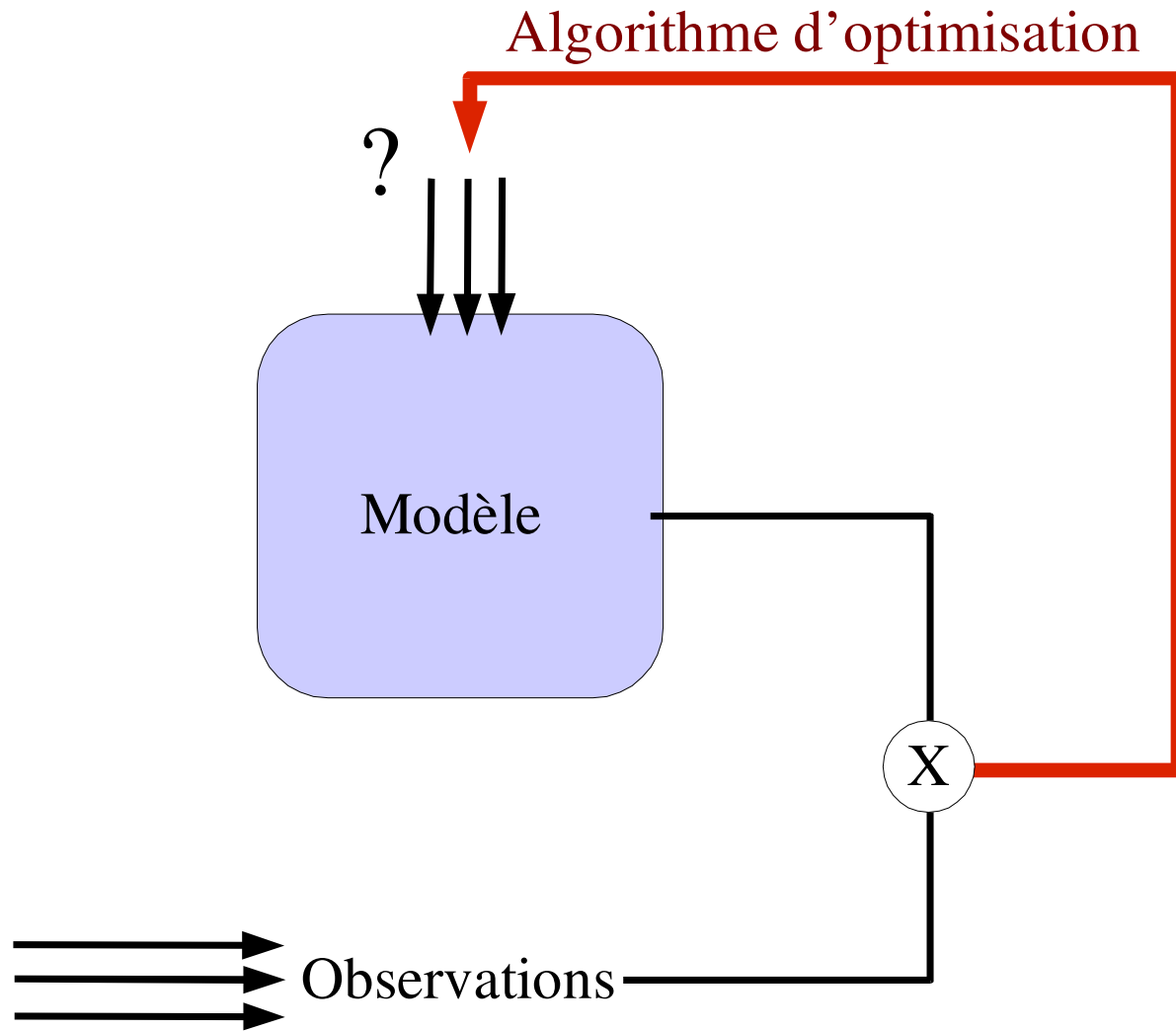


- ANSI C++
- Make
- Python
- GnuPlot
- R

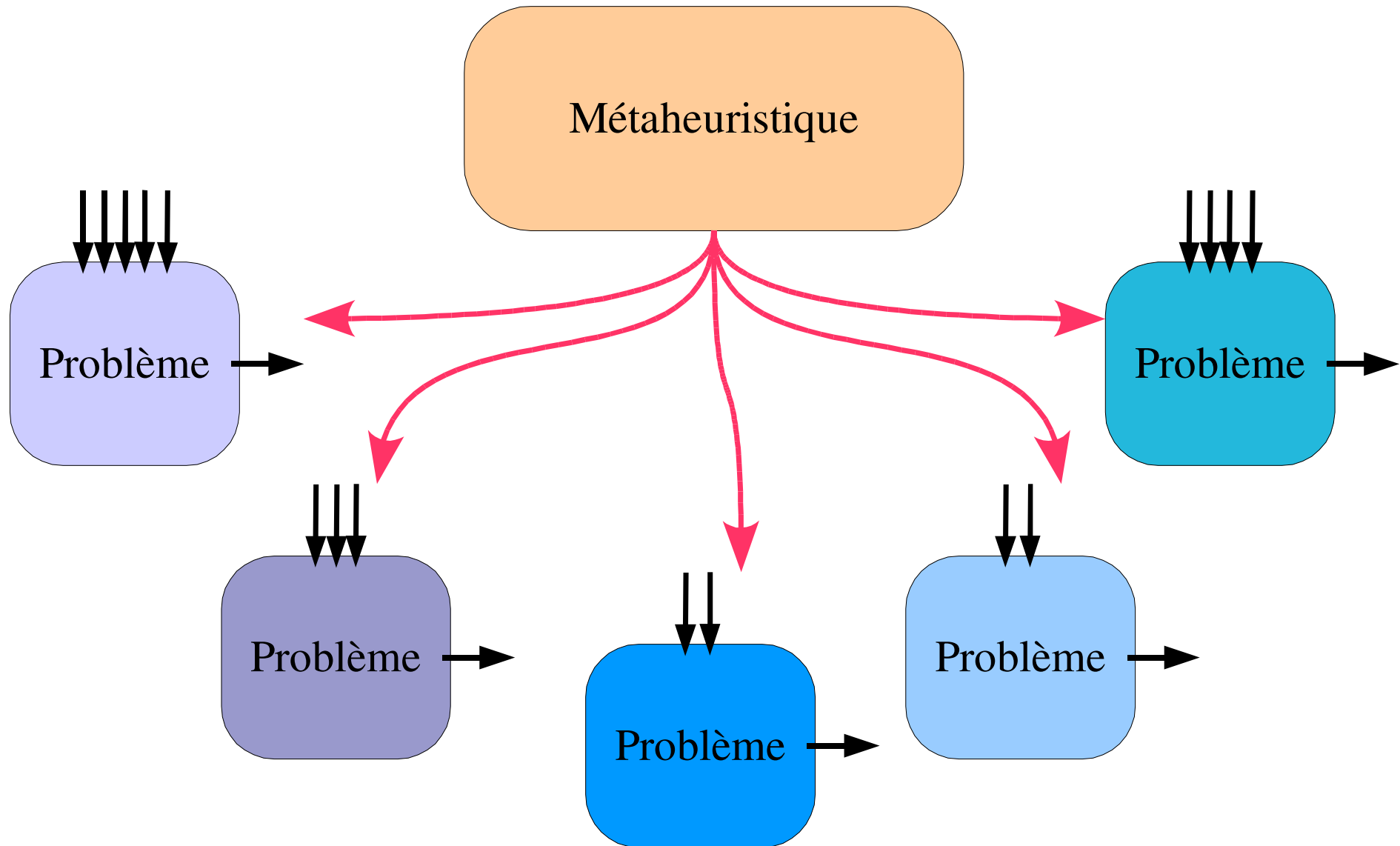
Métoparamétrage : perspectives



Optimisation : problème inverse



Métaheuristiques : intérêt



Optimisation difficile : métaheuristiques

Dérivable

Non-dérivable

Difficile

Facile

Mono-objectif

Multi-objectif

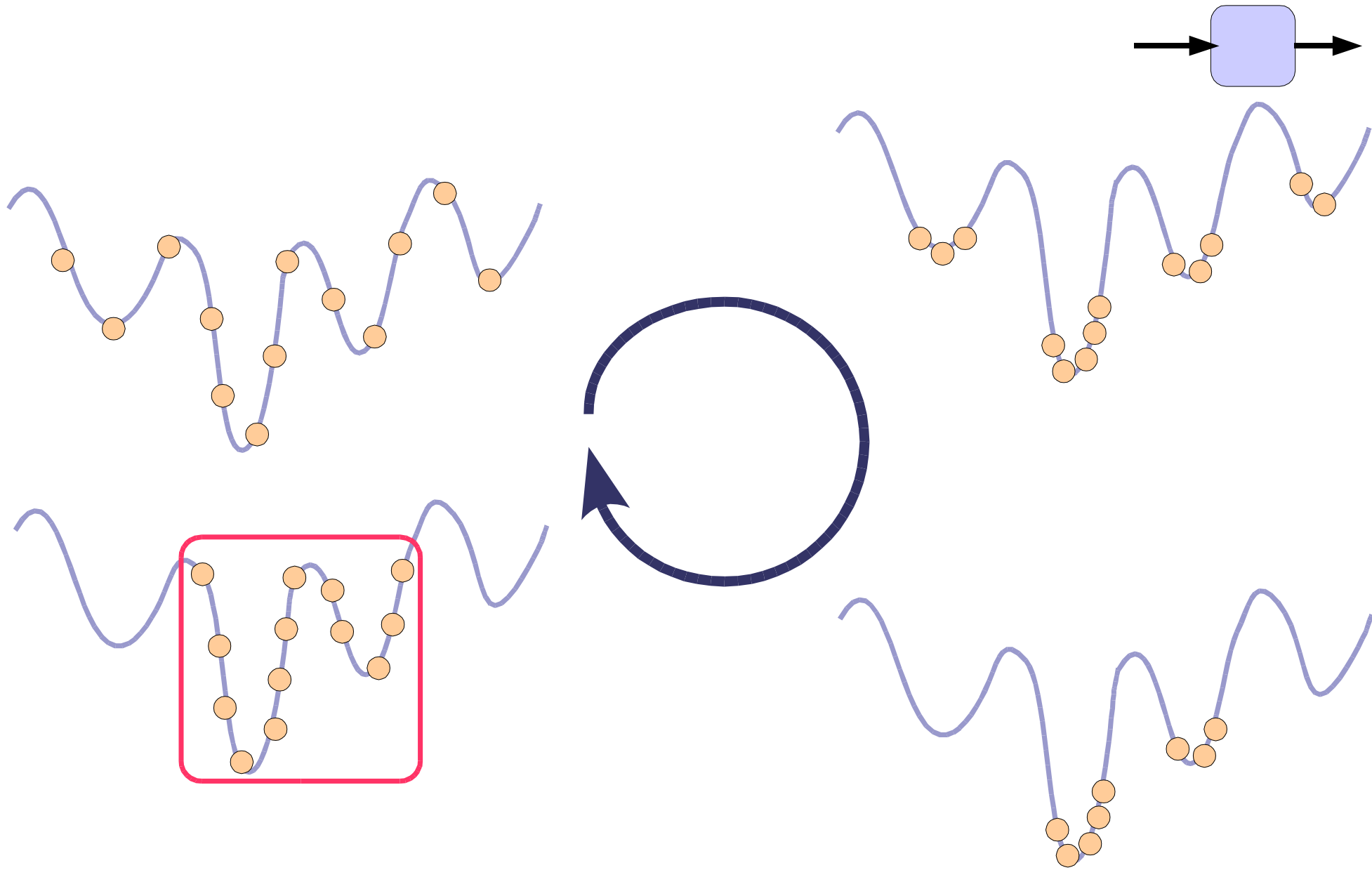
Discret

Continu

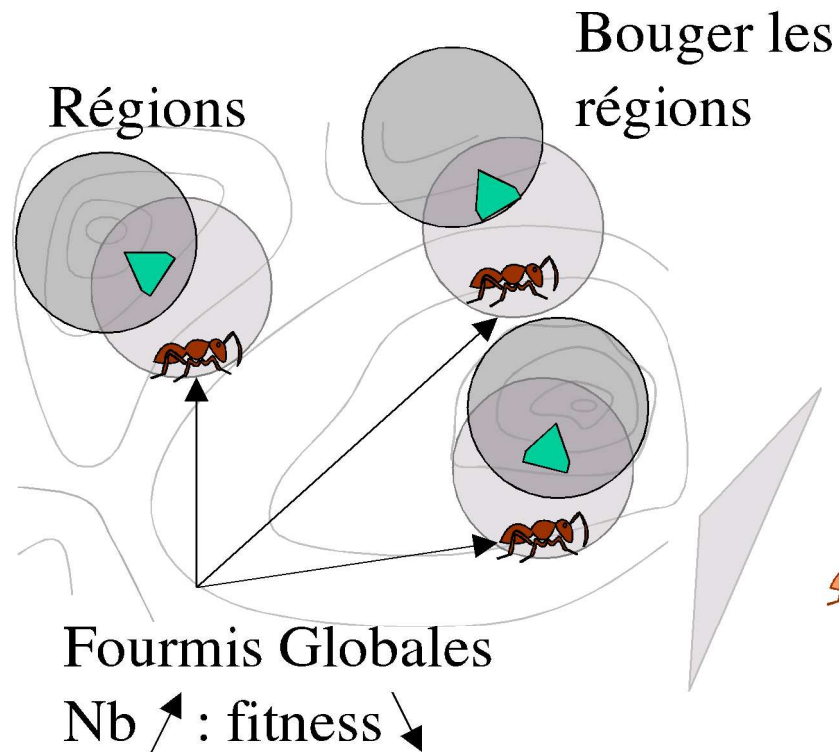
Métaheuristiques

Métaheuristiques continues

Métaheuristiques à population : généralités



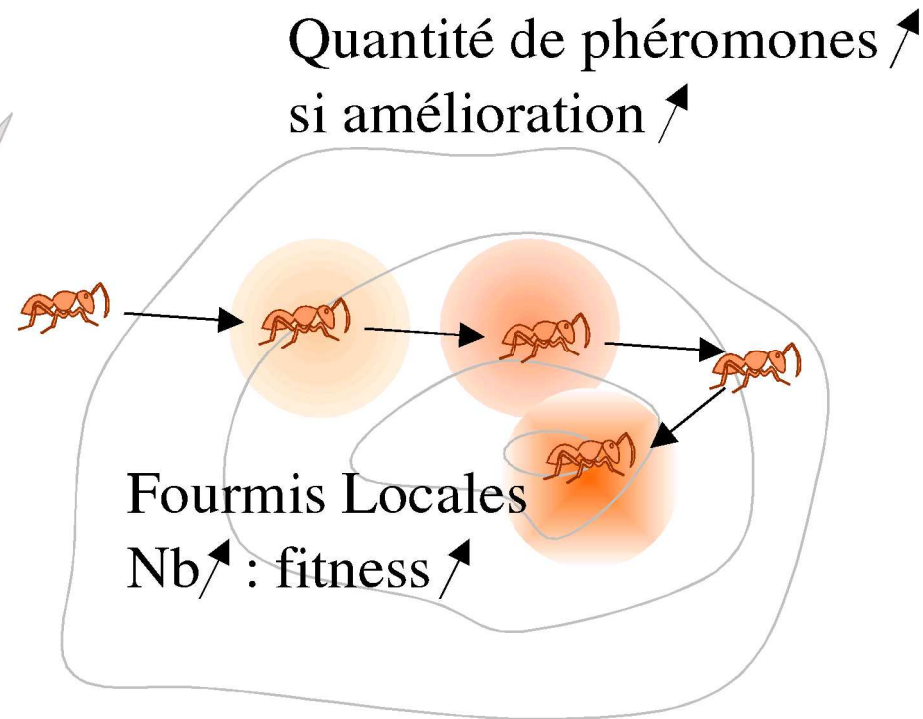
Optimisation continue : CACO



Wodrich & Bilchev, 1997

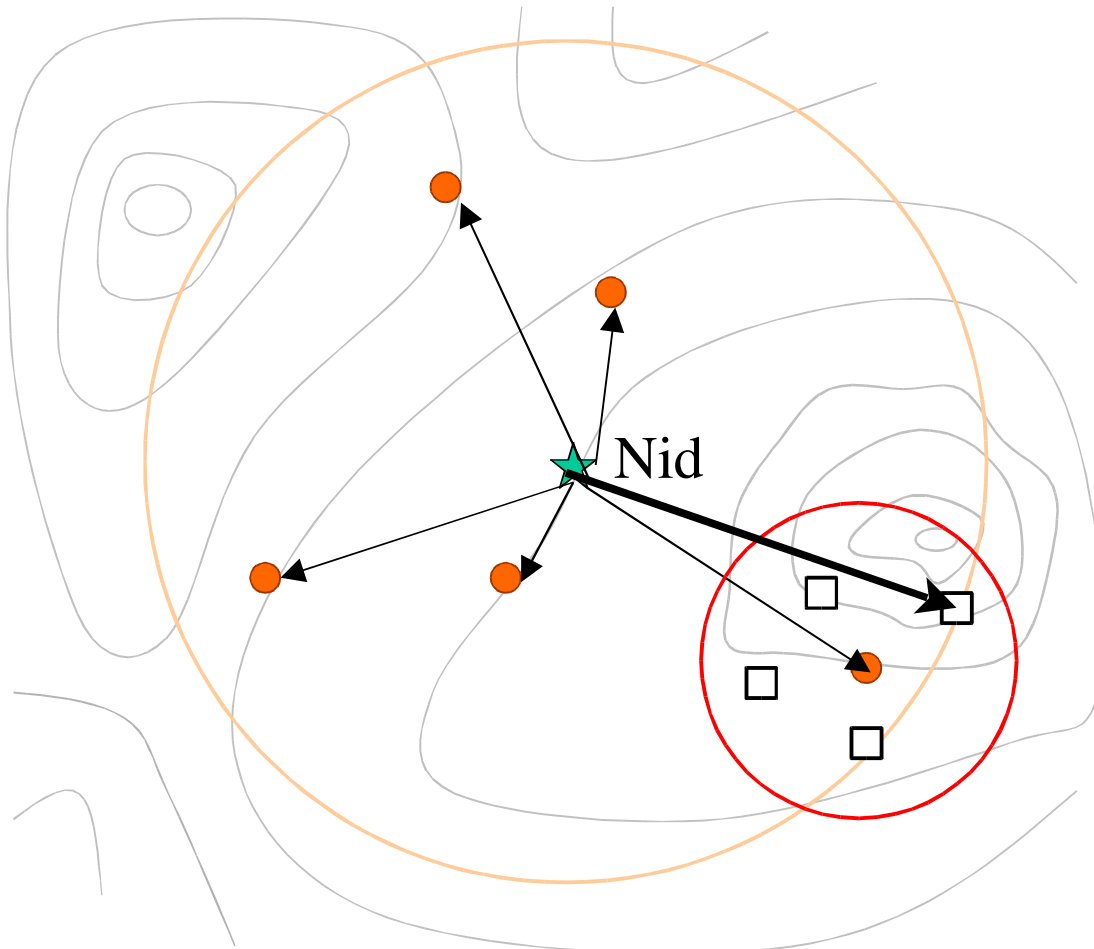
The Ant Colony Metaphor for Searching Continuous Design Spaces

Lecture Notes in Computer Science, 993, 25-39



API

Inspiré par une fourmi "primitive"



Recrutement

« Tandem running »

Choix du meilleur site

Bouger le nid

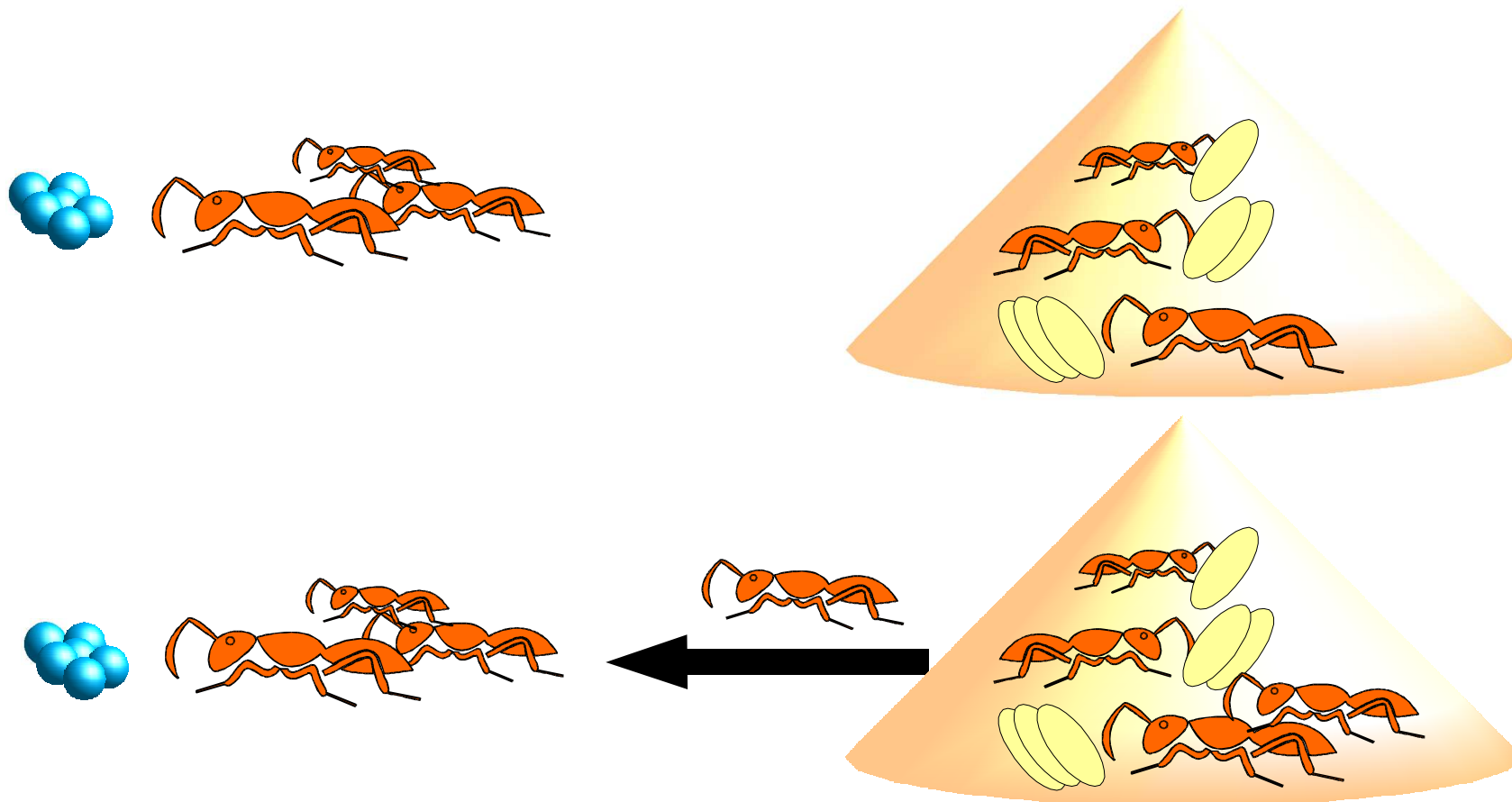
Monmarché *et al.*, 2000

On how Pachycondyla apicalis ants suggest a new search algorithm

Future Generation Computer Systems

16:937-946

Métaheuristiques multi-agents / à population



Allocation dynamique de tâches

Auto-organisation

L'auto-organisation est un **processus** dans lequel un **modèle** de niveau **global émerge** uniquement d'un grand nombre d'**interactions** entre les **composants** de bas niveau du système.

De plus, les règles spécifiant les interactions entre composants du système sont suivies en utilisant uniquement des **informations locales**, sans référence au modèle global.

Self-Organization in Biological Systems

Camazine, Deneubourg, Franks, Sneyd, Theraulaz and Bonabeau

Princeton University Press, 2000

Recrutement

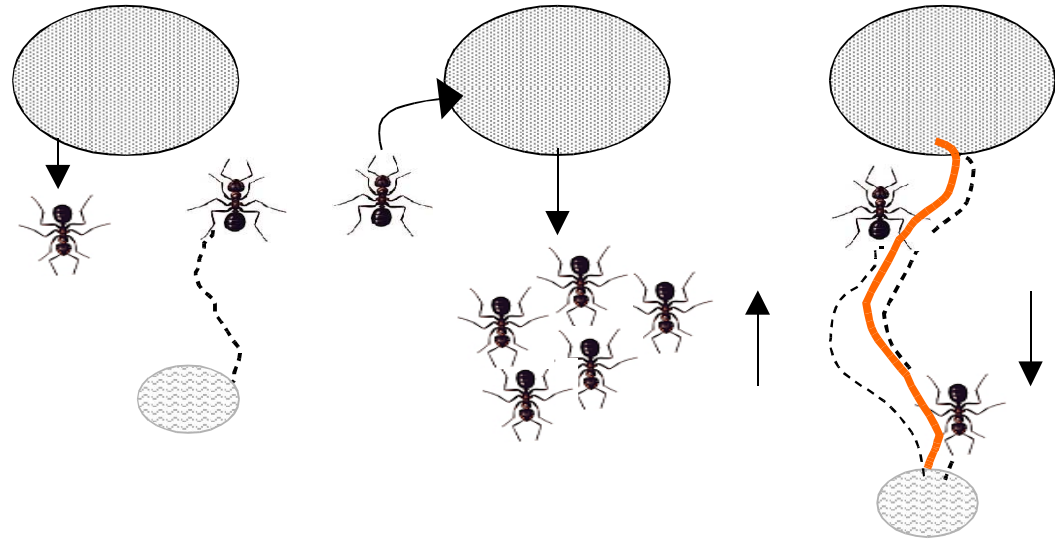
“[une forme de]
COMMUNICATION qui
RASSEMBLE les individus à un
endroit où un **TRAVAIL** est
requis”

Hölldobler & Wilson, 1990

The Ants
Springer Verlag

Recrutements

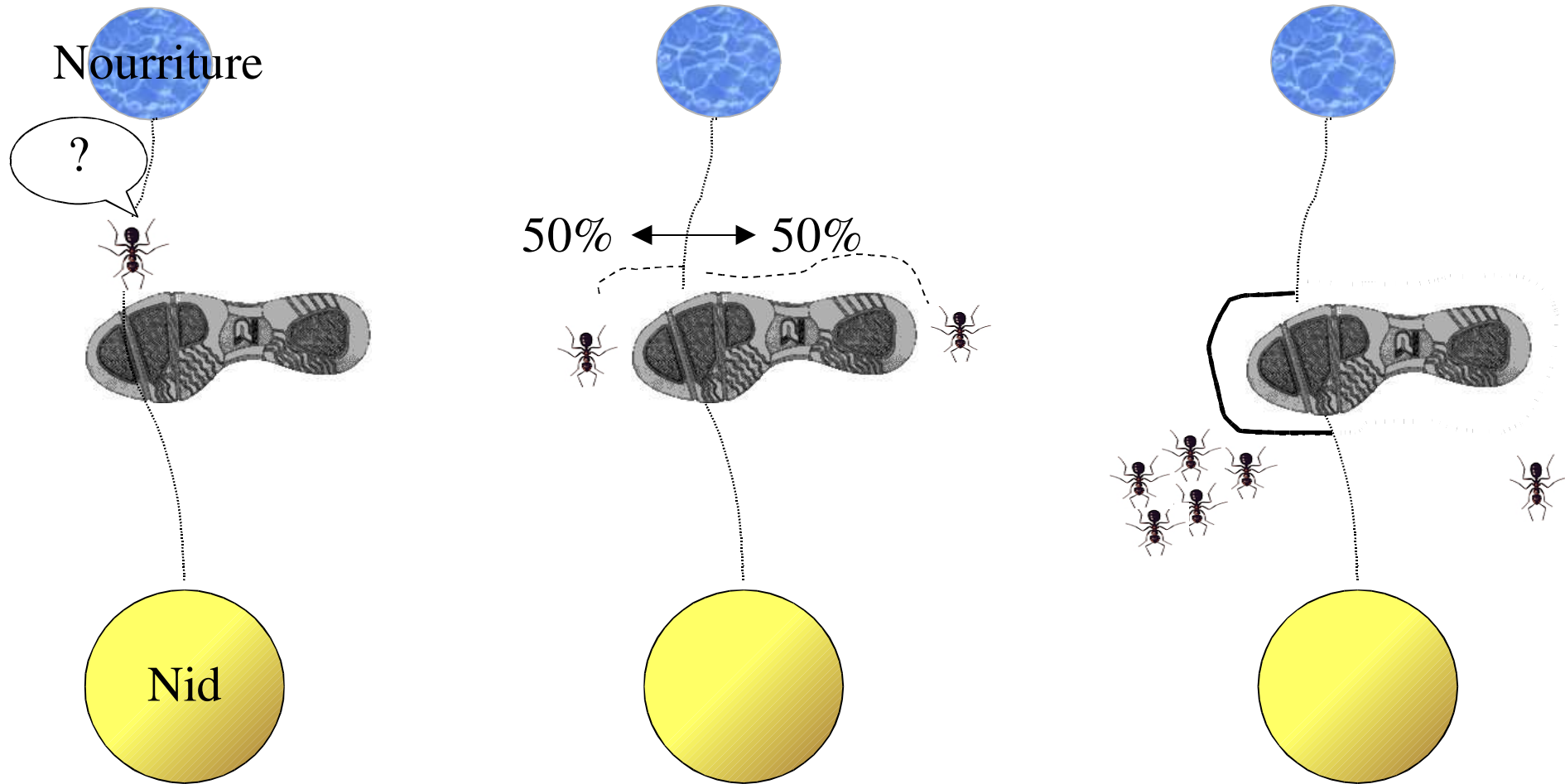
INDIRECT : Dépot de pistes



DIRECT : Trophallaxies



Colonies de fourmis : métaphore



Publications principales

Article de revue internationale à comité de lecture

Dréo & Siarry : CIAC, Future Generation Computer Systems (2004)

Article de revue nationale à comité de lecture

Dréo & Siarry : *Métaheuristiques et auto-organisation*. Technique et Science Informatiques, à paraître, 2004.

Livres

Dréo, Pétrowski, Siarry & Taillard : *Metaheuristics for difficult optimization*, Springer, à paraître.

Dréo, Pétrowski, Siarry & Taillard : *Métaheuristiques pour l'optimisation difficile*, Eyrolles, 7/2003.

Actes de conférences à comité de lecture

Dréo & Siarry : CIAC . ANTS'2002, 2002

Dréo & Siarry : DHCIAC, ANTS'2004, 2004

Dréo, Nunes, & Siarry : Recalage, IWESA, 2004

