

Une extension de l'optimisation par essaims particulaires

Michel Gourgand et Sylverin Kemmoé

LIMOS CNRS UMR 6158 – Clermont Ferrand

OEP 2007 – du 23 au 24 Avril, Paris (France)

SOMMAIRE

- 1 - Introduction
- 2 - Principes de l'Optimisation par Essaims Particulaires (OEP)
- 3 - Cadre général de l'application de l'OEP aux problèmes d'optimisation combinatoire
- 4 - Application aux problèmes de Flow Shop et de RCPSP
- 5 - Proposition d'une extension de l'OEP basée sur la notion d'attracteur
- 6 – Expérimentations et résultats
- 7 - Conclusion

Introduction

1 - Introduction

2 - Principes de l'Optimisation par Essaims Particulaires (OEP)

3 - Cadre général de l'application de l'OEP aux problèmes d'optimisation combinatoires

4 - Application aux problèmes de Flow Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une extension de l'OEP basée sur la notion d'attracteurs

6 – Expérimentations et résultats

7 - Conclusion

➔ Proposé par Eberhart et Kennedy, 1995

➔ Méthode à population

➔ Algorithme évolutionniste

➔ Méthode d'optimisation globale

➔ Imaginé pour l'optimisation continue

Principes de l'OEP

1 - Introduction

2 - Principes de l'Optimisation par Essaims Particulaires (OEP)

3 - Cadre général de l'application de l'OEP aux problèmes d'optimisation combinatoires

4 - Application aux problèmes de Flow Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une extension de l'OEP basée sur la notion d'attracteurs

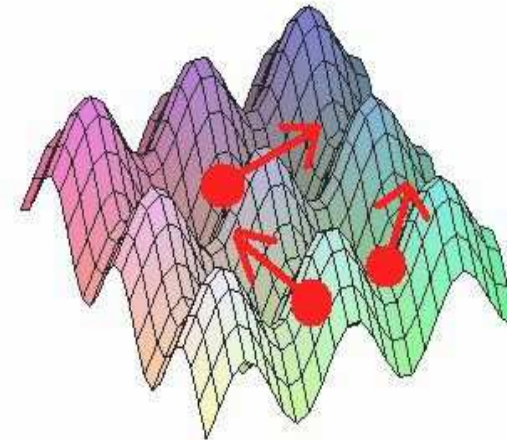
6 - Expérimentations et résultats

7 - Conclusion

→ L'OEP simule le comportement social des essaims d'oiseaux et des bancs de poissons et repose sur la notion d'essaim de particules

→ A chaque date t , chaque particule i se définit par:

- Sa position X_{it}
- Sa vitesse V_{it}



Chaque particule i peut communiquer avec un sous ensemble de particules dites "amies" → Voisinage

Principes de l'OEP

1 - Introduction

2 - Principes de l'Optimisation par Essaims Particulaires (OEP)

3 - Cadre général de l'application de l'OEP aux problèmes d'optimisation combinatoires

4 - Application aux problèmes de Flow Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une extension de l'OEP basée sur la notion d'attracteurs

6 - Expérimentations et résultats

7 - Conclusion

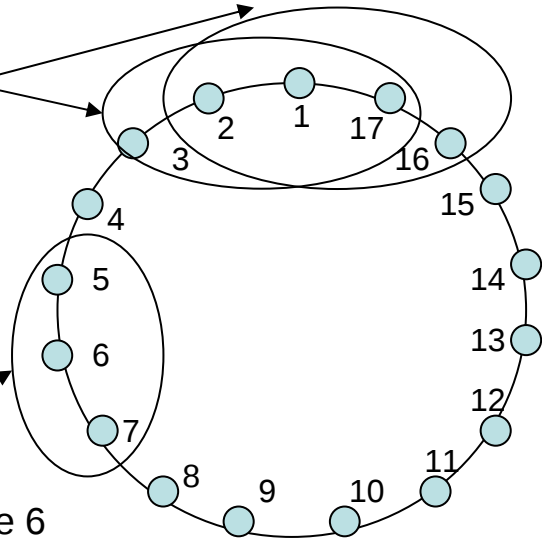
Voisinage géographique

$$G(i) = \{j \mid d(X_i, X_j) < r, r > 0\}$$

Voisinage social

4-voisinage circulaire de La particule 1

3-voisinage de la particule 6



Chaque particule réalise un compromis entre trois tendances

➔ Elle suit sa propre voie V_{it}

➔ Elle retourne à sa meilleure position P_{it}

➔ Elle va vers la meilleure position de ses "amies" G_{it}

Principes de l'OEP

1 - Introduction

2 - Principes de l'Optimisation par Essais Particulaires (OEP)

3 - Cadre général de l'application de l'OEP aux problèmes d'optimisation combinatoires

4 - Application aux problèmes de Flow Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une extension de l'OEP basée sur la notion d'attracteurs

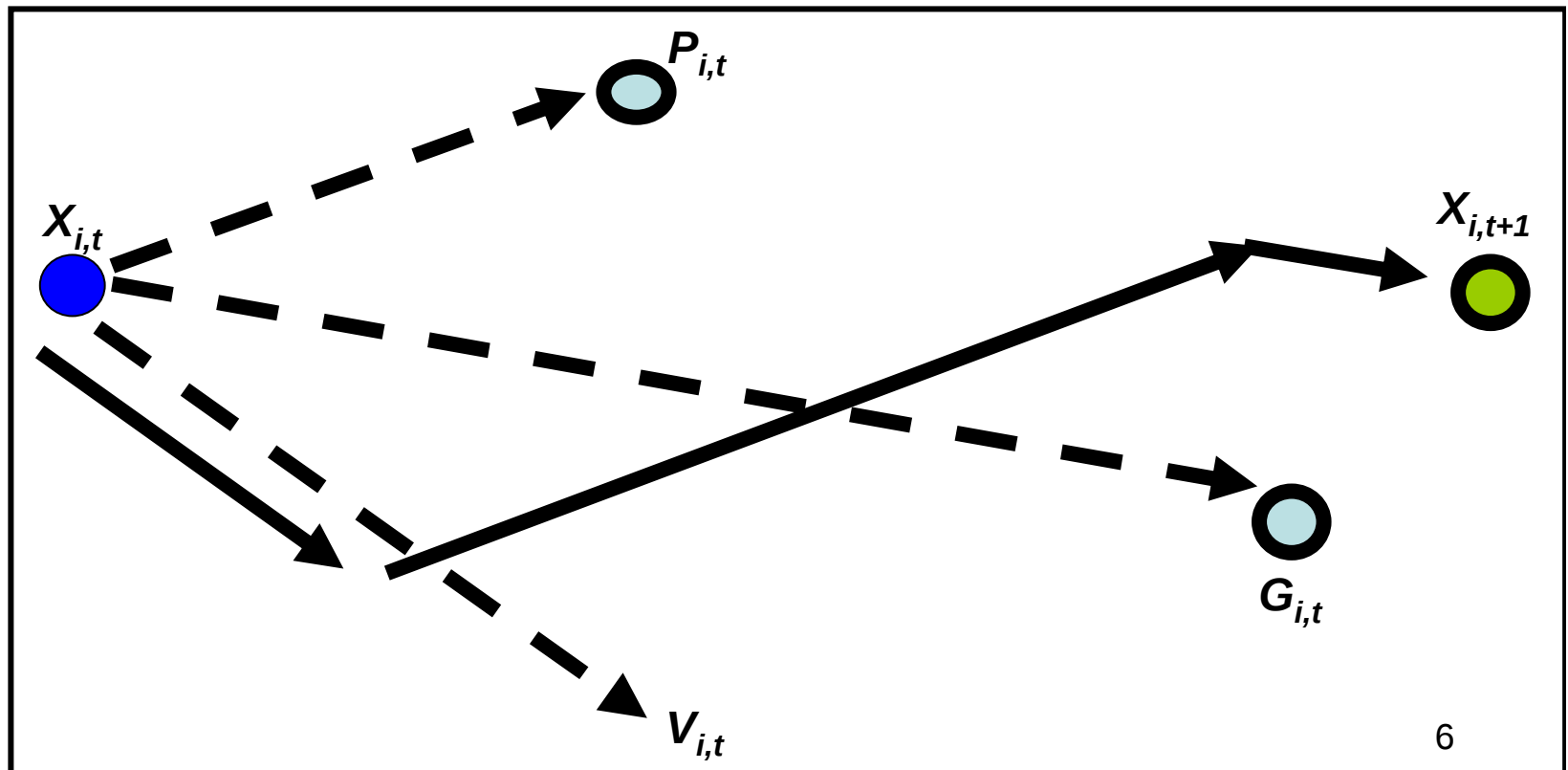
6 - Expérimentations et résultats

7 - Conclusion

$$V_{i,t+1} = c_1 * V_{i,t} + c_2 * r_2 * (P_{it} - X_{it}) + c_3 * r_3 * (G_{it} - X_{it})$$

$$X_{i,t+1} = X_{it} + V_{i,t+1}$$

Où c_1, c_2 et c_3 : coefficients de confiance de l'OEP et r_2, r_3 appartiennent à $]0,1]$



Cadre général des POC

1 - Introduction

2 - Principes de
l'Optimisation par
Essaims Particulaires
(OEP)

3 - Cadre général de
l'application de l'OEP
aux problèmes d'opti-
misation combinatoires

4 - Application aux
problèmes de Flow
Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une
extension de l'OEP
basée sur la notion
d'attracteurs

6 - Expérimentations
et résultats

7 - Conclusion

Cadre général de M. Clerc, 2004

→ Définition d'une particule:

- Position X : séquence d'opérations $(x_1, \dots, x_n)$
- Vitesse V : liste de transpositions $((x_{i_k}, x_{j_k}))_{k=1, \dots, ||V||}$

→ Opérateurs:

- Soustraction (position, position) $\rightarrow$ vitesse
- Multiplication externe (réel, vitesse) $\rightarrow$ vitesse
- Addition (vitesse, vitesse) $\rightarrow$ vitesse
- Déplace (position, vitesse) $\rightarrow$ position.

Cadre général des POC

1 - Introduction

2 - Principes de l'Optimisation par Essaims Particulaires (OEP)

3 - Cadre général de l'application de l'OEP aux problèmes d'optimisation combinatoires

4 - Application aux problèmes de Flow Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une extension de l'OEP basée sur la notion d'attracteurs

6 - Expérimentations et résultats

7 - Conclusion

D'autres approches:

F. Tasgetiren *et al.*, 2004 :

“Particle Swarm Optimization Algorithm for Makespan and Total Flowtime Minimization in Permutation Flowshop Sequencing Problem”

Par exemple : $N = 4$ et $X = (1.5, 9.5, -5.6, 4.6)$
“Smallest Position Value” $\rightarrow \pi = (3, 1, 4, 2)$

X. Hu *et al* 2003 :

“Swarm Intelligence for Permutation Optimization: A case Study of n-Queens Problem”

Par exemple : $N=5$, $P_i = (1, 11, 3, 17, 6)$; $V_i = (50, 5, 10, 40, 25)$
 $X_i = (17, 11, 3, 7, 9)$; $V_{nor} = (1, 0.1, 0.2, 0.8, 0.5)$
 $X_{i,t+1} = (7, 11, 3, 17, 9)$

Cadre général des POC

1 - Introduction

2 - Principes de l'Optimisation par Essais Particulaires (OEP)

3 - Cadre général de l'application de l'OEP aux problèmes d'optimisation combinatoires

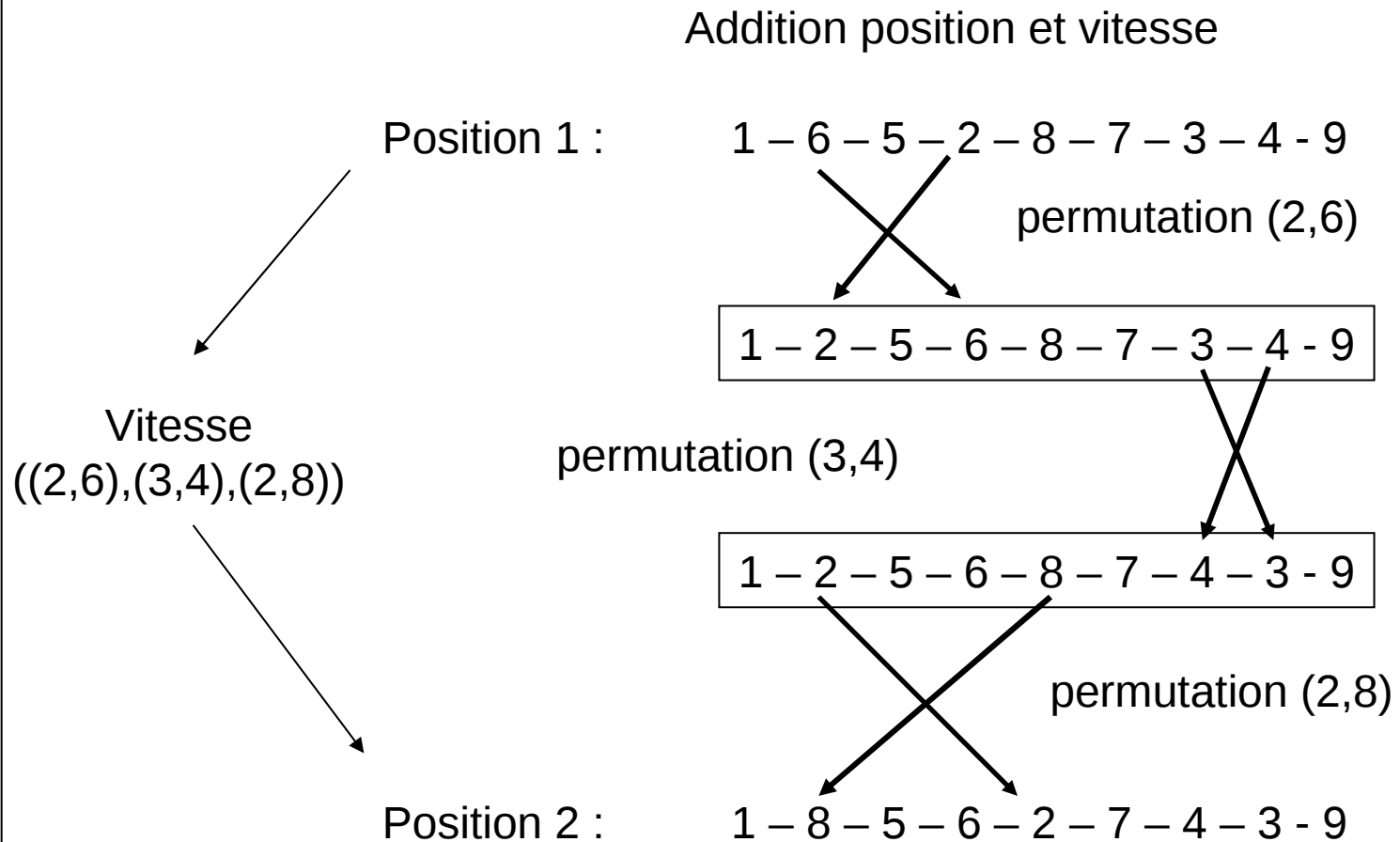
4 - Application aux problèmes de Flow Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une extension de l'OEP basée sur la notion d'attracteurs

6 - Expérimentations et résultats

7 - Conclusion

Cadre général de M. Clerc, 2004



Cadre général des POC

1 - Introduction

2 - Principes de
l'Optimisation par
Essais Particulaires
(OEP)

3 - Cadre général de
l'application de l'OEP
aux problèmes d'opti-
misation combinatoires

4 - Application aux
problèmes de Flow
Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une
extension de l'OEP
basée sur la notion
d'attracteurs

6 - Expérimentations
et résultats

7 - Conclusion

Cadre général de M. Clerc, 2004

Multiplication externe d'une vitesse V par un scalaire c

Exemple: Vitesse $V = ((2,6),(3,4),(2,8))$

$c = 0$: $c*V = \emptyset$

$0 < c < 1$: $c*V$ vitesse issue de la troncature de V
Exemple : $c = 0.5$, $c*V = ((2,6))$

$c > 1$: $c*V$ vitesse issue de la duplication de tout ou partie de V
Exemple : $c = 2.5$, $c*V = ((2,6),(3,4),(2,8),(2,6),(3,4),(2,8),(2,6))$

$c < 0$: $c*V$ vitesse issue d'une inversion de la liste de permutations
Exemple $c = -1$, $c*V = ((2,8),(3,4),(2,6))$

Cadre général des POC

1 - Introduction

2 - Principes de
l'Optimisation par
Essais Particulaires
(OEP)

3 - Cadre général de
l'application de l'OEP
aux problèmes d'opti-
misation combinatoires

4 - Application aux
problèmes de Flow
Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une
extension de l'OEP
basée sur la notion
d'attracteurs

6 - Expérimentations
et résultats

7 - Conclusion

Cadre général de M. Clerc, 2004

Addition de deux vitesses

concaténation des deux listes de permutation

Si $V1 = ((2,6),(3,4),(2,8))$ et $V2 = ((3,5),(2,7))$ Alors
 $V1 + V2 = ((2,6),(3,4),(2,8),(3,5),(2,7))$

La différence de deux positions $X1$ et $X2$ donne une vitesse $V = X2 - X1$ qui permet de passer de la position $X1$ à $X2$.

Si on a $X1 = (1,2,4,3,5)$ et $X2 = (1,3,2,4,5)$ alors $V = X2 - X1$ peut être obtenu par un algorithme simple qui compare composante par composante: $V = ((2,3),(2,4))$

Application: Flow shop

1 - Introduction

2 - Principes de l'Optimisation par Essais Particulaires (OEP)

3 - Cadre général de l'application de l'OEP aux problèmes d'optimisation combinatoires

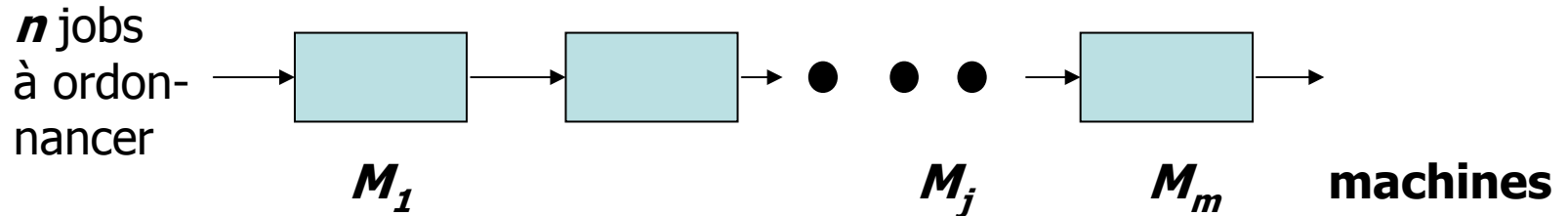
4 - Application aux problèmes de Flow Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une extension de l'OEP basée sur la notion d'attracteurs

6 - Expérimentations et résultats

7 - Conclusion

Problème du Flow Shop de permutation: NP-Complet



Données

t_{ij} : durée de traitement du job i sur la machine j , $1 \leq i \leq n$ et $1 \leq j \leq m$

Objectif

Déterminer un ordonnancement de jobs qui minimise le makespan (la date de sortie du dernier job sur la dernière machine)



Le cadre général proposé par M. Clerc
Position : séquence de jobs
Vitesse : liste de permutations

Application: RCPSP

1 - Introduction

2 - Principes de
l'Optimisation par
Essaims Particulaires
(OEP)

3 - Cadre général de
l'application de l'OEP
aux problèmes d'opti-
misation combinatoires

4 - Application aux
problèmes de Flow
Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une
extension de l'OEP
basée sur la notion
d'attracteurs

6 - Expérimentations
et résultats

7 - Conclusion

Resource Constrained Project(s) Scheduling Problem: NP-Compleat

Données

N activités, $i=1,\dots,N$

K types de ressources disponibles en quantité R_k , $k=1,\dots,K$

Chaque activité consomme r_{ik} ressources de type k

Chaque activité a une durée opératoire p_i , $i = 1,\dots,N$

Un ensemble de relations de précédence entre activités

Objectif :

Déterminer un ordonnancement qui vérifie les contraintes de ressource et les contraintes de précédence tout en minimisant le makespan

Les concepts du cadre général ne sont pas adaptés à cause des contraintes de précédence !!!

La position $X : (x_1, \dots, x_N)$ → Séquence peut violer les contraintes de précédence

La vitesse $V : ((x_{ik}, x_{jk})_{k=1,\dots,K})$ → Peut contenir des permutations qui violent les contraintes de précédence

Application : RCPSP

1 - Introduction

2 - Principes de
l'Optimisation par
Essaims Particulaires
(OEP)

3 - Cadre général de
l'application de l'OEP
aux problèmes d'opti-
misation combinatoires

4 - Application aux
problèmes de Flow
Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une
extension de l'OEP
basée sur la notion
d'attracteurs

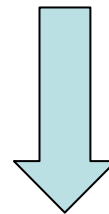
6 - Expérimentations
et résultats

7 - Conclusion

L'addition d'une position X et d'une vitesse $V \rightarrow$ Position avec une séquence qui peut violer les contraintes de précédence

Exemple: $N=4$ activités, une contrainte de précédence $2 \ll 3$.

Considérons : une position $X = (1\ 2\ 4\ 3)$ et une vitesse $V = ((1\ 3))$
 $\rightarrow X + V = X' = (3\ 2\ 4\ 1)$ séquence non valide qui viole $2 \ll 3$.



Proposition d'une adaptation du cadre général aux problèmes d'ordonnancement avec contraintes de précédence

Application: RCPSP

1 - Introduction

2 - Principes de l'Optimisation par Essais Particulaires (OEP)

3 - Cadre général de l'application de l'OEP aux problèmes d'optimisation combinatoires

4 - Application aux problèmes de Flow Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une extension de l'OEP basée sur la notion d'attracteurs

6 - Expérimentations et résultats

7 - Conclusion

Position d'une particule : séquence valide respectant les contraintes de précedence

L'addition d'une position et d'une vitesse : *suite de décalages à droite et de décalages à gauche vérifiant les contraintes de précedence*

Exemple: $N=4$ activités, une contrainte de précedence $2 \ll 3$.
Considérons : une position $X = (1 \ 2 \ 4 \ 3)$ et une vitesse $V = ((1 \ 3))$

$\text{Rang}(1) = 1 < \text{Rang}(3) = 4 \rightarrow$ 1 réalise le décalage à droite et 3 l'inverse

$(\color{red}{1} \ \color{red}{2} \ 4 \ 3) \rightarrow (2 \ 1 \ 4 \ 3)$

$(2 \ \color{red}{1} \ 4 \ 3) \rightarrow (2 \ 4 \ 1 \ 3)$

$(2 \ 4 \ \color{red}{1} \ \color{red}{3}) \rightarrow (2 \ 4 \ 3 \ 1)$

$(2 \ 3 \ 4 \ 3) \leftarrow (2 \ \color{red}{4} \ \color{red}{3} \ 1)$

$(\color{red}{2} \ \color{red}{3} \ 4 \ 1)$

$(2 \ 3 \ 4 \ 1)$ séquence valide

Proposition d'une extension de l'OEP

1 - Introduction

2 - Principes de l'Optimisation par Essais Particulaires (OEP)

3 - Cadre général de l'application de l'OEP aux problèmes d'optimisation combinatoires

4 - Application aux problèmes de Flow Shop et de RCPSP

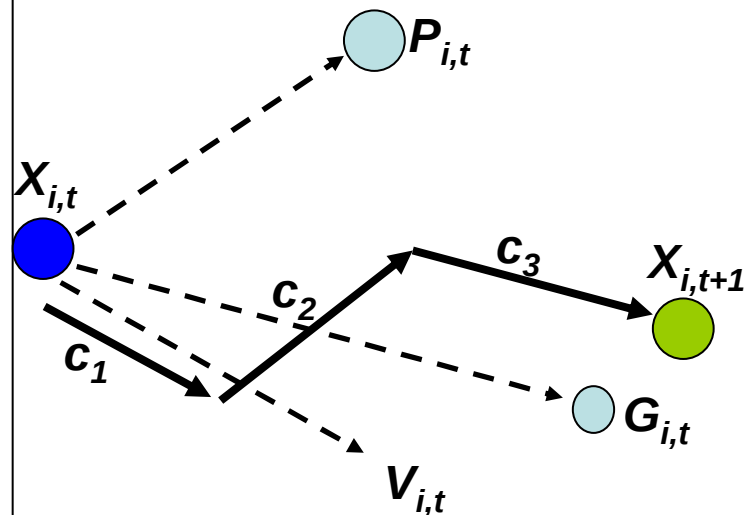
5 - Proposition d'une extension de l'OEP basée sur la notion d'attracteurs

6 - Expérimentations et résultats

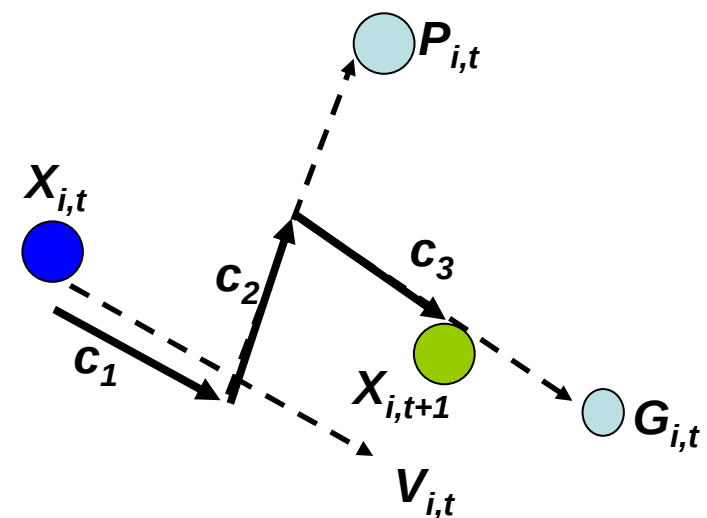
7 - Conclusion

Idée: Les équations classiques de l'OEP favorisent le processus de diversification (exploration) par rapport au processus d'intensification (exploitation).

Classique



Proposition



Proposition d'une extension de l'OEP

1 - Introduction

2 - Principes de l'Optimisation par Essais Particulaires (OEP)

3 - Cadre général de l'application de l'OEP aux problèmes d'optimisation combinatoires

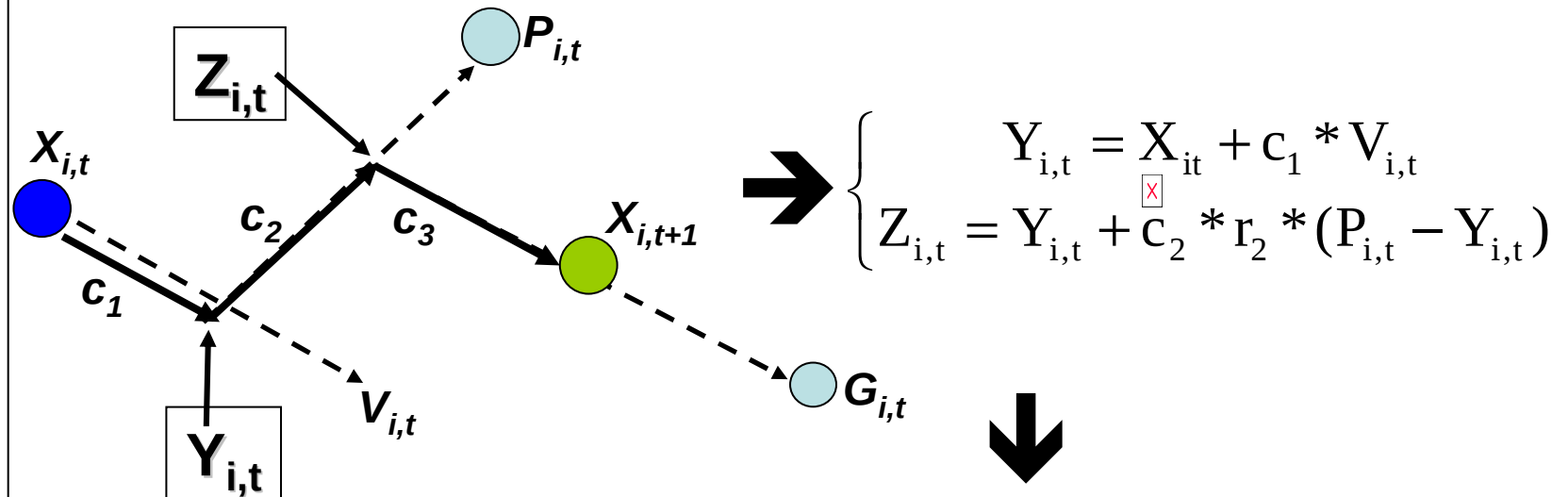
4 - Application aux problèmes de Flow Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une extension de l'OEP basée sur la notion d'attracteurs

6 - Expérimentations et résultats

7 - Conclusion

Formalisation



$$\Rightarrow \begin{cases} Y_{i,t} = X_{i,t} + c_1 * V_{i,t} \\ Z_{i,t} = Y_{i,t} + c_2 * r_2 * (P_{i,t} - Y_{i,t}) \end{cases}$$

$$X_{i,t+1} = X_{i,t} + \alpha * V_{i,t} + \beta * (P_{i,t} - X_{i,t}) + \gamma * (G_{i,t} - X_{i,t})$$

$$\begin{cases} \alpha = c_1 * (1 - r_2 * c_2) * (1 - r_3 * c_3) \\ \beta = c_2 * (1 - r_3 * c_3) \\ \gamma = c_3 \end{cases}$$

Expérimentations : Quelques sophistications

1 - Introduction

2 - Principes de
l'Optimisation par
Essaims Particulaires
(OEP)

3 - Cadre général de
l'application de l'OEP
aux problèmes d'opti-
misation combinatoires

4 - Application aux
problèmes de Flow
Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une
extension de l'OEP
basée sur la notion
d'attracteurs

6 - Expérimentations
et résultats

7 - Conclusion

→ Hybridation : Recherche locale

- Partielle (appliquée à quelques particules)
- Totale (appliquée à toutes les particules)

→ Hybridation partielle

- Choix aléatoire des particules
- Choix de la meilleure particule de l'essaim
- Choix de la pire particule de l'essaim
- Choix de la meilleure particule et de la pire particule de l'essaim

→ Vitesse d'une particule

- Clerc, 2004 : liste de permutations
- Généralisation : « Path relinking » et Critère : Accessibilité
- Mouvement 2-opt, liste d'insertion, ...

Expérimentations et résultats: Algorithme

1 - Introduction

2 - Principes de
l'Optimisation par
Essaims Particulaires
(OEP)

3 - Cadre général de
l'application de l'OEP
aux problèmes d'opti-
misation combinatoires

4 - Application aux
problèmes de Flow
Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une
extension de l'OEP
basée sur la notion
d'attracteurs

6 - Expérimentations
et résultats

7 - Conclusion

Début

Initialisation des paramètres

Initialisation de l'essaim (position et vitesse)

Évaluation

Répéter

{

Déterminer la meilleure position P

Déterminer la meilleure position de tout ou partie de l'essaim G

Mettre à jour les vitesses

Mettre à jour les positions

Évaluation

Recherche locale (optionnel)

} Jusqu'à (Critère d'arrêt satisfait)

Fin

Critère d'arrêt: - itération maximale atteinte
- nombre d'appels à la fonction Évaluation atteint
- solution optimale atteinte
- durée d'exécution atteinte

Expérimentations et résultats: Paramétrages

1 - Introduction

2 - Principes de
l'Optimisation par
Essais Particulaires
(OEP)

3 - Cadre général de
l'application de l'OEP
aux problèmes d'opti-
misation combinatoires

4 - Application aux
problèmes de Flow
Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une
extension de l'OEP
basée sur la notion
d'attracteurs

6 - Expérimentations
et résultats

7 - Conclusion

Coefficients : $c1 = 0.5$; $c2 = 0.75$; $c3 = 0.75$

Taille de l'essaim : 100

Nombre de réplifications : $R = 10$

Écart :
$$\delta = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R \frac{(SolOpt - SolObt)}{SolOpt} * 100$$

Résultats proposés dans Tasgetiren et al. 2004 pour les méthodes :

- **H1** : NEH (Heuristique, Nawaz 1983)
- **H2** : NEHrs (Heuristique, Framinan et al. 2002)
- **M1** : OEPspv (Règle de passage continu → discret)
- **M2** : OEPvns (Recherche Locale + VNS)
- **GA** : Algorithme Génétique

Expérimentations et résultats: Instances de Taillard

1 - Introduction

2 - Principes de l'Optimisation par Essais Particulaires (OEP)

3 - Cadre général de l'application de l'OEP aux problèmes d'optimisation combinatoires

4 - Application aux problèmes de Flow Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une extension de l'OEP basée sur la notion d'attracteurs

6 Expérimentations et résultats

7 - Conclusion

H1 : NEH **H2** : NEH_{rs} **M1** : OEP_{spv} **M2** : OEP_{vns} **GA** : algorithme génétique (*Tasgetiren et al 2004*)

J1 : hybridation totale + **vit.** : liste de permutations + déplacement suivant la direction + réseau social + **R.L** : permut. – insert.

Inst (n*m)	H1	H2	M1	M2	GA	δ(J1)	CPU
20*5	3.30	3.99	1.71	0.28	3.13	0.93	5.81
20*10	4.60	5.85	3.28	0.70	5.42	1.23	15.50
20*20	3.73	4.50	2.84	0.56	4.22	1.14	22.5
50*5	0.73	2.68	1.15	0.18	1.69	0.53	39.5
50*10	5.07	5.96	4.83	1.04	5.61	1.82	46.5
50*20	6.45	6.74	6.68	1.71	6.95	1.91	59.7
100*5	0.53	0.97	0.59	0.11	0.81	0.21	71.5
100*10	2.22	3.45	3.26	0.67	3.12	0.65	89.5
100*20	5.11	6.03	7.19	1.28	6.32	1.13	185.3
200*10	1.26	2.19	2.47	0.43	2.08	0.99	298.5
200*20	4.26	4.62	7.08	0.87	5.10	1.03	384.6
Moyenne	3.39	4.27	3.74	0.71	4.04	1.05	110

Expérimentations et résultats : Instances de Taillard

1 - Introduction

2 - Principes de l'Optimisation par Essais Particulaires (OEP)

3 - Cadre général de l'application de l'OEP aux problèmes d'optimisation combinatoires

4 - Application aux problèmes de Flow Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une extension de l'OEP basée sur la notion d'attracteurs

6 - Expérimentations et résultats

7 - Conclusion

H1 : NEH **H2** : NEH_{rs} **M1** : OEP_{spv} **M2** : OEP_{vns} **GA** : algorithme génétique (*Tasgetiren et al 2004*)

J2 : hybridation partielle + **vit.** : liste de permutations + déplacement suivant la direction + réseau social + R.L : permut.-insert.

(n*m)	H1	H2	M1	M2	GA	$\delta(J2)$	N _{meilleure}	N _{pire}	CPU (s)
20*5	3.30	3.99	1.71	0.28	3.13	0.03	41.7	58.3	3.80
20*10	4.60	5.85	3.28	0.70	5.42	0.79	21.4	78.6	9.50
20*20	3.73	4.50	2.84	0.56	4.22	0.81	25	75	12.5
50*5	0.73	2.68	1.15	0.18	1.69	0.05	35	65	19.5
50*10	5.07	5.96	4.83	1.04	5.61	1.05	39	61	26.5
50*20	6.45	6.74	6.68	1.71	6.95	1.20	40.8	59.2	29.7
100*5	0.53	0.97	0.59	0.11	0.81	0.15	42.8	56.2	41.5
100*10	2.22	3.45	3.26	0.67	3.12	0.75	51	49	59.5
100*20	5.11	6.03	7.19	1.28	6.32	1.01	62	38	125.3
200*10	1.26	2.19	2.47	0.43	2.08	0.70	74	26	248.5
200*20	4.26	4.62	7.08	0.87	5.10	1.10	97	3	347.6
Moyenne	3.39	4.27	3.74	0.71	4.04	0.69	48.15	51.85	84

Expérimentations et résultats : Instances de Taillard

1 - Introduction

2 - Principes de l'Optimisation par Essais Particulaires (OEP)

3 - Cadre général de l'application de l'OEP aux problèmes d'optimisation combinatoires

4 - Application aux problèmes de Flow Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une extension de l'OEP basée sur la notion d'attracteurs

6 - Expérimentations et résultats

7 - Conclusion

H1 : NEH ⁻ **H2** : NEH_{rs} **M1** : OEP_{spv} **M2** : OEP_{vns} **GA** : algorithme génétique (*Tasgetiren et al 2004*)

J3 : hybridation totale + vit. 2 - opt + déplacement suivant la position + réseau social + R.L : 2 - opt

Inst (n*m)	H1	H2	M1	M2	GA	δ(J3)	CPU
20*5	3.30	3.99	1.71	0.28	3.13	0.08	0.01
20*10	4.60	5.85	3.28	0.70	5.42	0.03	2.1
20*20	3.73	4.50	2.84	0.56	4.22	0.13	5.5
50*5	0.73	2.68	1.15	0.18	1.69	0.02	4.5
50*10	5.07	5.96	4.83	1.04	5.61	1.45	9.3
50*20	6.45	6.74	6.68	1.71	6.95	1.10	12.5
100*5	0.53	0.97	0.59	0.11	0.81	0.02	5.3
100*10	2.22	3.45	3.26	0.67	3.12	0.07	11.4
100*20	5.11	6.03	7.19	1.28	6.32	1.09	16.8
200*10	1.26	2.19	2.47	0.43	2.08	0.7	21.9
200*20	4.26	4.62	7.08	0.87	5.10	1.7	27.8
Moyenne	3.39	4.27	3.74	0.71	4.04	0.58	10.6

Expérimentations et résultats : Instances de Carlier

1 - Introduction

2 - Principes de
l'Optimisation par
Essais Particulaires
(OEP)

3 - Cadre général de
l'application de l'OEP
aux problèmes d'opti-
misation combinatoires

4 - Application aux
problèmes de Flow
Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une
extension de l'OEP
basée sur la notion
d'attracteurs

6 - Expérimentations
et résultats

7 - Conclusion

OEPD1: OEP classique

OEPD2: OEP avec attracteurs

Instances	OEPD1				OEPD2			
	δ	δ_{Min}	δ_{Max}	T_R	δ	δ_{Min}	δ_{Max}	T_R
car1 (11*5)	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04
car2 (13*4)	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.32
car3 (12*5)	0.00	0.00	0.00	1.10	0.00	0.00	0.00	1.41
car4 (14*4)	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.00	0.72
car5 (10*6)	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.34
car6 (8*9)	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.00	0.27
car7 (7*7)	0.10	0.07	1.50	0.10	0.10	0.01	1.90	0.39
car8 (8*8)	0.10	0.08	0.00	0.08	0.10	0.01	0.23	0.29
Moy.	0.025	0.008	0.18	0.34	0.025	0.0025	0.23	0.47

Expérimentations et résultats : Instances de Watson

1 - Introduction

2 - Principes de l'Optimisation par Essais Particulaires (OEP)

3 - Cadre général de l'application de l'OEP aux problèmes d'optimisation combinatoires

4 - Application aux problèmes de Flow Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une extension de l'OEP basée sur la notion d'attracteurs

6 - Expérimentations et résultats

7 - Conclusion

OEPD1: OEP classique

OEPD2: OEP avec attracteurs

Watson et al. 2002

Instances	OEPD1				OEPD2			
	δ	δ_{Min}	δ_{Max}	T_R	δ	δ_{Min}	δ_{Max}	T_R
RN(1,99)								
20*20	0.01	0.00	0.03	21	0.01	-0.04	0.02	20
50*20	0.7	0.45	1.2	33	0.5	0.6	1.7	34
100*20	0.72	0.82	1.85	77	0.52	0.94	2.1	66
200*20	1.64	1.3	2.5	117	1.52	1.4	1.8	126
Moy.	0.77	0.64	1.4	62	0.63	0.72	1.4	64.5

Problem001: 2213 → 2212

(10, 13, 18, 16, 5, 14, 4, 2, 15, 12, 11, 17, 9, 19, 6, 8, 1, 3, 7, 20)

Expérimentations et résultats : Instances de RCPSP

1 - Introduction

2 - Principes de l'Optimisation par Essais Particulaires (OEP)

3 - Cadre général de l'application de l'OEP aux problèmes d'optimisation combinatoires

4 - Application aux problèmes de Flow Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une extension de l'OEP basée sur la notion d'attracteurs

6 - Expérimentations et résultats

7 - Conclusion

Noms Inst.	Dev. Min. (%)	Dev. Moy. (%)	Dev. Max. (%)	Taux Succ. (%)	Noms Inst.	Dev. Min. (%)	Dev. Moy. (%)	Dev. Max. (%)	Taux Succ. (%)
j301_1_10	0.00	0.01	0.2	99.4	j3025_1_10	1.20	3.63	4.70	6.00
j302_1_10	0.00	0.00	0.00	100.0	j3026_1_10	0.30	1.29	1.40	56.0
j303_1_10	0.00	0.00	0.00	100.0	j3027_1_10	0.00	0.00	0.00	100.0
j304_1_10	0.00	0.00	0.00	100.0	j3028_1_10	0.00	0.00	0.00	100.0
j305_1_10	0.00	1.22	1.90	51.30	j3029_1_10	2.00	4.06	4.80	1.00
j306_1_10	0.00	0.28	0.60	86.80	j3030_1_10	0.70	1.91	2.90	20.40
j307_1_10	0.00	0.00	0.00	100.0	j3031_1_10	0.00	0.49	0.60	76.30
j308_1_10	0.00	0.00	0.00	100.0	j3032_1_10	0.00	0.00	0.00	100.0
j309_1_10	1.70	3.42	4.40	14.50	j3033_1_10	0.00	0.05	0.10	96.90
j3010_1_10	0.30	1.29	1.60	37.40	j3034_1_10	0.00	0.00	0.00	100.0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
j3021_1_10	0.10	1.21	2.30	52.70	j3045_1_10	1.10	2.96	4.10	8.50
j3022_1_10	0.00	0.05	0.10	97.50	j3046_1_10	0.50	1.98	2.50	21.00
j3023_1_10	0.00	0.00	0.00	100.0	j3047_1_10	0.10	0.30	0.60	84.40
j3024_1_10	0.00	0.00	0.00	100.0	j3048_1_10	0.00	0.00	0.00	100.0
Average - j30	0.26	0.79	1.07	75					

CONCLUSION

1 - Introduction

2 - Principes de
l'Optimisation par
Essaims Particulaires
(OEP)

3 - Cadre général de
l'application de l'OEP
aux problèmes d'opti-
misation combinatoires

4 - Application aux
problèmes de Flow
Shop et de RCPSP

5 - Proposition d'une
extension de l'OEP
basée sur la notion
d'attracteurs

6 - Expérimentations
et résultats

7 - Conclusion

- ➔ Méthode efficace pour les POC
- ➔ Extension proposée permet une amélioration des résultats
- ➔ Méthode hybride OEP + Recuit simulé (pas présenté)
- ➔ Application de l'OEP pour la résolution des problèmes industriels (le problème des chantiers polyvalents, non présenté)

En perspectives

- ➔ Détermination des coefficients (coefficients adaptatifs)
- ➔ Démonstration de la convergence ou non de l'OEP pour les POC