



CHAPITRE 05: ALGORITHMES À BASE D'ESSAIMS PARTICULAIRES ET LA RECHERCHE DISPERSÉE

COURS : MÉTAHEURISTIQUES ET ALGORITHMES ÉVOLUTIONNISTES

RÉALISÉ DR. S. SLATNIA

**UNIVERSITÉ DE BISKRA
Master d'informatique
2020-2021**



L'OPTIMISATION PAR ESSAIM DE PARTICULAIRES PARTICLE SWARM OPTIMIZATION (PSO)

L'OPTIMISATION PAR ESSAIM DE PARTICULES

[DOURI ET ALL]

❖ Principe général

- L'Optimisation par Essaim Particulaire (OEP, ou PSO en anglais) a été proposée par (Kennedy et Eberhart 1995). Cette méthode est inspirée du comportement social des animaux évoluant en essaim.
- Au départ, ils cherchaient à simuler la capacité des oiseaux à voler de façon synchrone et leur aptitude à changer brusquement de direction tout en restant en une formation optimale.
- Les particules sont les individus et elles se déplacent dans l'hyperespace de recherche en se basant sur des informations limitées :
 1. Chaque particule est dotée d'une mémoire qui lui permet de mémoriser le meilleur point par lequel elle est déjà passée et elle a tendance à retourner vers ce point.
 2. Chaque particule est informée du meilleur point connu au sein de son voisinage et elle va tendre à aller vers ce point.

ESSAIMS PARTICULAIRES [HUGUET]

❖ Idée :

- Population de solutions : essaim
- Compromis entre trajectoire individuel et trajectoire du groupe.
- Un individu :
 - Suit sa propre trajectoire
 - Subit l'influence des autres
 - Mémorise sa meilleure performance.



L'OPTIMISATION PAR ESSAIM DE PARTICULES

[DOURI ET ALL]

- ❖ Chaque individu utilise donc, non seulement, sa propre mémoire, mais aussi l'information locale sur ses plus proches voisins pour décider de son propre déplacement. Des règles simples, telles que " aller à la même vitesse que les autres ", " se déplacer dans la même direction " ou encore " rester proche de ses voisins " sont des exemples de comportements qui suffisent à maintenir la cohésion de l'essaim.

Le déplacement d'une particule est influencé par les trois types de comportement:

1. Une composante physique : la particule tend à suivre sa propre voie
2. Une composante cognitive : la particule tend à revenir vers le meilleur site par lequel elle est déjà passée
3. Une composante sociale : la particule tend à se diriger vers le meilleur site déjà atteint par ses voisins.

ALGORITHME DE BASE [DOUIRI ET ALL]

- Un essaim de particules survole l'espace de recherche, en quête de l'optimum global. Dans \mathbb{R}^n , la particule i (solution potentielle) de l'essaim est modélisée par son vecteur position $x = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})$ et par son vecteur vitesse $v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in})$.
- Cette particule garde en mémoire la meilleure position par laquelle elle est déjà passée, que l'on note $p_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{in})$. La meilleure position atteinte par toutes les particules de l'essaim est notée $p_g = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gn})$.
- Au temps $t+1$, le vecteur vitesse est calculé à partir de (1):

$$v_{ij}(t+1) = v_{ij}(t) + c_1 r_1 (p_{ij}(t) - x_{ij}(t)) + c_2 r_2 (p_{gj}(t) - x_{ij}(t))$$

- c_1 et c_2 sont deux constantes, appelées coefficients d'accélération ; r_1 et r_2 sont deux nombres aléatoires tirés uniformément dans $[0, 1]$.

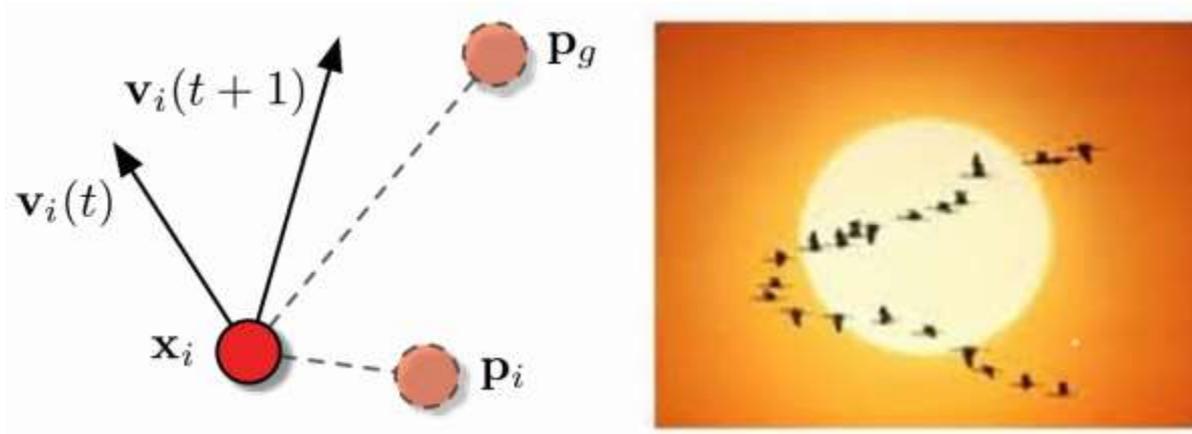
ALGORITHME DE BASE [DOUIRI ET ALL]

- $v_{ij}(t)$ correspond à la composante physique du déplacement.
- $c_1 r_1 (p_i(t) - x_i(t))$ correspond à la composante cognitive du déplacement.
- c_1 pondère les tendances de la particule à vouloir suivre son instinct de conservation et à aller vers sa meilleure position connue.
- $c_2 r_2 (p_g(t) - x_i(t))$ correspond à la composante sociale du déplacement.
- c_2 contrôle l'aptitude sociale de la particule en se rapprochant plus de la meilleure position de ses informatrices.
- La position de la particule i est alors définie par (2):

$$x_i(t + 1) = x_i(t) + v_i(t + 1)$$

ALGORITHME DE BASE [DOUIRI ET ALL]

- Il est à noter que le terme "vitesse" est ici abusif car les vecteurs v_i ne sont pas homogènes à une vitesse. Il serait plus approprié de parler de "direction de déplacement".
- La stratégie de déplacement d'une particule est illustrée par:



■ **Fig.** Analysis of Particle Trajectory

ALGORITHM 5 OPTIMISATION PAR ESSAIM PARTICULAIRE (OEP) [DOUIRI ET ALL]

- Le pseudo code pour la version la plus générale de l'agorithme :
 1. Initialiser aléatoirement P particules : position et vitesse ;
 2. Evaluer les positions des particules ;
 3. Tant que le critère d'arrêt n'est pas atteint faire
 4. Pour $i = 1, \dots, P$ faire
 5. Déplacer les particules selon (1) et (2)
 6. Si $f(x_i) < f(p_i)$ alors
 7. $p_i = x_i$;
 8. Si $f(x_i) < f(p_g)$ alors
 9. $p_g = x_i$;
 10. finsi;
 11. finsi
 12. Fin pour;
 13. Fin tan que

ALGORITHM 5 OPTIMISATION PAR ESSAIM PARTICULAIRE (OEP) [DOUIRI ET ALL]

- Le critère d'arrêt peut être différent suivant le problème posé et les exigences de l'utilisateur. Si l'optimum global est connu a priori, on peut définir une "erreur acceptable" comme critère d'arrêt. Sinon, on peut fixer nombre maximum d'itérations ou un nombre maximum d'évaluations de la fonction objectif.



LA RECHERCHE DISPERSÉE SCATTER SEARCH (SS)

LA RECHERCHE DISPERSÉE [DOURI ET ALL]

La recherche dispersée (scatter search) est une méthode d'évolution qui a été proposée par Glover et Laguna 1997.

- Cette métaheuristique se distingue des algorithmes évolutionnistes classiques par l'utilisation d'une procédure de recherche locale et par la généralisation de l'opérateur de croisement.
- Tout comme les algorithmes génétiques, elle est basée sur une population de solutions qui évolue dans le temps à l'aide à la fois d'un opérateur de sélection, de la combinaison linéaire de solutions de la population pour créer une nouvelle solution provisoire (non forcément entière ou admissible), d'un opérateur de projection permettant de rendre la solution provisoire admissible et d'opérateurs d'élimination

DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA RECHERCHE DISPERSÉE [DOURI ET ALL]

Le concept général de la recherche dispersée qui a été donné par (Glover et al. 1998) se base sur les trois fondations suivantes :

1. L'information utile sur la solution optimale est typiquement contenue dans une collection diverse de solutions élites.
2. Les stratégies de combinaison des solutions contiennent des mécanismes qui incorporent la diversification et l'intensification dans la génération des nouvelles solutions.
3. L'utilisation de plusieurs combinaisons de solutions de référence augmente l'opportunité d'exploiter l'information contenue dans l'union des solutions élites.

DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA RECHERCHE DISPERSÉE [DOURI ET ALL]

Le modèle de l'algorithme de la recherche dispersée repose sur la définition des cinq composants majeurs suivants :

1. **Méthode de génération de diversification** : Consiste à générer une collection de diverses solutions de départ.
2. **Méthode d'amélioration** : Les points sont optimisés à l'aide d'une recherche locale.
3. **Méthode de mise à jour de l'ensemble de référence R_i** : construit et maintient un ensemble de référence obtenu en sélectionnant les b meilleures solutions trouvées.
4. **Méthode de génération des sous ensembles** : génère des sous ensembles D_i à partir de l'ensemble de référence.
5. **Méthode de combinaison de solutions** : génère des solutions en combinant les solutions de chaque sous ensemble D_i pour produire l'ensemble C_i

ALGORITHM LA RECHERCHE DISPERSÉE

[DOURI ET ALL]

Algorithme de la recherche dispersée

1. Initialisation:
2. Générer une population initiale R_0 ;
3. Poser $i \leftarrow 0$;
4. la recherche dispersée :
5. **Tant que** le critère d'arrêt n'est pas atteint **faire**
6. $C_i \leftarrow$ Combinaisons linéaires des points de R_i ;
7. $A_i \leftarrow$ procédure de réparation(C_i) (admissibles)
8. $D_i \leftarrow$ recherche locale (A_i) (amélioration)
9. $R_i \leftarrow$ points dans $R_i \cup D_i$ (Mise-à-jour de l'ensemble de référence)
10. $i \leftarrow i + 1$;
11. **Fin Tant que**

LA RECHERCHE DISPERSÉE [META]

- **Types d'Individus** : solutions admissibles
- **Type d'évolution** : remplacement stationnaire avec une population de taille généralement constante
- **Structure de voisinage** : population non structurée
- Sources d'information : au moins deux parents
- **Irréalisabilité** : les points non admissibles sont réparés
- **Intensification** : Recherche Locale
- **Diversification** : combinaison non convexe des points de référence.



HYBRIDATION DE MÉTHODES [HUGUET]

CONTRAINTES ET OBJECTIFS [HUGUET]

❖ **Contraintes vs Objectif**

- Introduire des « contraintes » dans la fonction Objectif

❖ **Objectif :**

- ✓ Nb de contraintes non satisfaites (exemple capacité à respecter)
- ✓ On cherche à minimiser cet objectif, lorsqu'il vaut 0 :
 - Obtention d'une solution admissible
 - Intérêt :

❖ **Intérêt :**

- Explorer des affectations à la limite entre cohérentes et incohérentes

RÉFÉRENCES

- [Huguest] M.-J. Huguet, Méta-Heuristiques, support de cours, 2017/2018.
- [Douiri et all] Sidi Mohamed Douiri, Souad Elbernoussi, Halima Lakhbab, Cours des Méthodes de Résolution Exactes Heuristiques et Métaheuristiques, support de cours, Université Mohammed V, Faculté des Sciences de Rabat