

3. La P.S.O. pour l'optimisation

3.1. Principe fondamental

L'algorithme de base de la P.S.O. travaille sur une population appelée *essaim* de solutions possibles, elles-mêmes appelées *particules*. Ces particules sont placées aléatoirement dans l'espace de recherche de la fonction objectif.

A chaque itération, les particules se déplacent en prenant en compte leur meilleure position (déplacement Conservateur) mais aussi la meilleure position de son voisinage (déplacement panurgien). Dans les faits, on calcule la nouvelle vitesse à partir de la formule suivante (k représente les générations et le i représente les particules) :

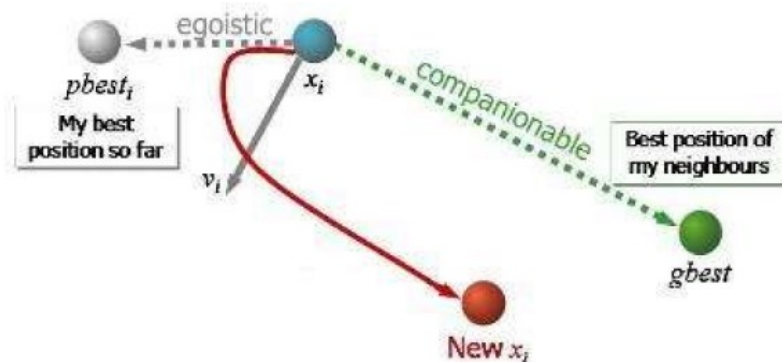
- (i) x_i : la position actuelle de la i -ème particule de la population,
- (ii) v_i : la vitesse de la i -ème particule,
- (iii) p_i : la meilleure position de la i -ème particule jamais trouvée (c'est à dire où J était optimale),
- (iv) p_g : la meilleure position jamais trouvée par une particule de l'essaim.

$$v_i^{k+1} := \omega v_i^k + c_1 \phi_1 \otimes (p_i - x_i^k) + c_2 \phi_2 \otimes (p_g - x_i^k)$$

$$x_i^{k+1} := x_i^k + v_i^{k+1}$$

Où ϕ_1 et ϕ_2 sont deux vecteurs aléatoires suivant une loi uniforme de $[0; 1]^n$. Les constantes positives, ω coefficient d'inertie, c_1 et c_2 sont appelées coefficients d'accélération (ou de confiance). Le symbole $\otimes$ signifie une multiplication terme à terme.

Une vitesse maximale V_{max} est également imposée pour toute particule.



3.2. *Algorithme de principe*

L'algorithme de base est très simple :

On note $f(\mathbf{x})$ la fonction qui calcule le fitness de $\mathbf{x}$, $\mathbf{P_g}$ la meilleure position connue de l'essaim.

Pour chaque particule :

On initialise sa position

On initialise sa meilleure position $\mathbf{P_i}$ connue comme étant sa position initiale, on met à jour la meilleure position de l'essaim

On initialise la vitesse de la particule.

Tant que l'on n'a pas atteint l'itération maximum ou une certaine valeur du fitness :

Pour chaque particule i :

On tire aléatoire $\mathbf{c_1}$ et $\mathbf{c_2}$

On met à jour la vitesse de la particule suivant la formule vue précédemment

On met à jour la position $\mathbf{x_i}$

Si $f(\mathbf{x_i}) < f(\mathbf{p_i})$, On met à jour la meilleure position de la particule

Si $f(\mathbf{P_i}) < f(\mathbf{P_g})$, on met à jour la meilleure position de l'essaim $\mathbf{P_g}$ est l'optimum.

Le principe de l'algorithme peut être plus facilement visualisé grâce à la figure suivante :

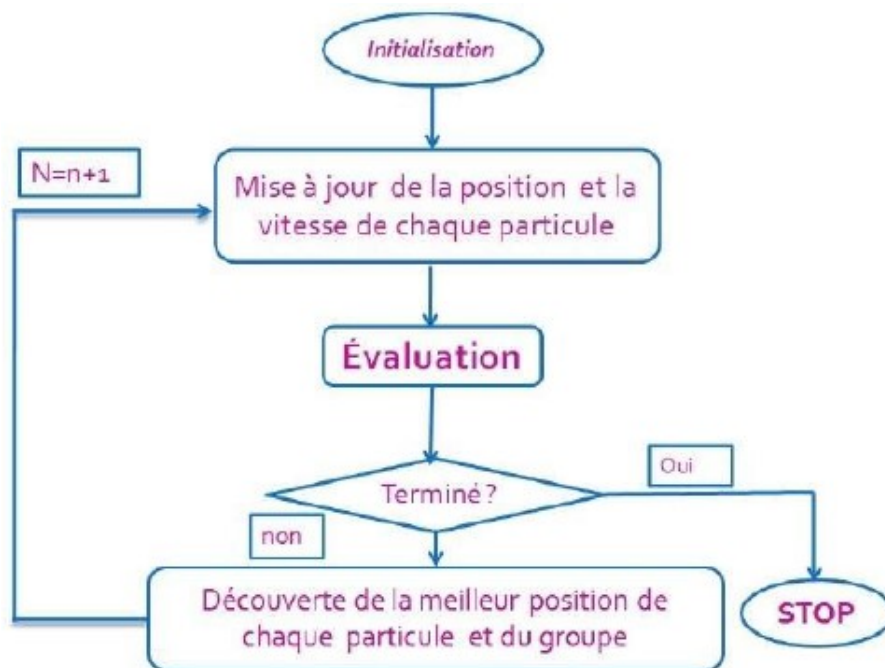


Figure 5 : Organigramme de la méthode des essaims particulaires

4. Configuration de la méthode

À première vue, il semblerait que de nombreux paramètres sont à prendre en compte pour l'application de l'optimisation par essaim particulaire. Généralement, les paramètres de réglage de l'algorithme ne peuvent être définis qu'empiriquement.

C'est le cas, par exemple, de la taille de l'essaim. La quantité de particules allouées dépend essentiellement de deux paramètres :

- la taille de l'espace de définition,
- le rapport entre la capacité de calcul de la machine et le temps maximum de recherche.

Le meilleur moyen d'affiner ce coefficient est donc de faire de nombreux essais afin de se doter de l'expérience nécessaire. Il faut aussi d'autre part considérer l'initialisation de l'essaim, elle est généralement faite aléatoirement suivant une loi uniforme sur $[0,1]$.

Deux autres paramètres importants sont les coefficients d'accélération (ou de confiance) que l'on nomme précédemment **c1** et **c2**. Ils permettent de pondérer les tendances des particules à suivre leur instinct de conservation

ou leur panurgisme. De manière générale, ces variables sont fixées par tâtonnement.

De même un paramètre important à prendre en compte est le coefficient d'inertie appelé w dans la formule vue auparavant. Il permet de définir la capacité d'exploration de chaque particule en vue d'améliorer la convergence de la méthode. Fixer ce paramètre revient à trouver un compromis entre une exploration globale c'est-à-dire la diversification ($w > 1$) et une exploration locale c'est-à-dire l'exploitation ou l'intensification ($w < 1$). Il représente l'instinct aventureux de la particule.

Diversification : mécanismes pour une exploration assez large de l'espace de recherche. L'intensification : exploitation de l'information accumulée durant la recherche et concentration sur une zone précise de l'espace de recherche. Il est important de bien doser l'usage de ces deux ingrédients afin que l'exploration puisse rapidement identifier des régions de l'espace de recherche qui contiennent l'optimum, sans perdre trop de temps à exploiter des régions moins prometteuses.

Enfin, il reste à configurer le critère d'arrêt. En effet, la convergence vers la solution optimale globale n'est pas garantie dans tous les cas. Il est donc important de doter l'algorithme d'une porte de sortie en définissant un nombre maximum d'itérations.

5. Exercice d'application

Utiliser l'algorithme PSO pour trouver le maximum de la fonction suivante dans l'intervalle de recherche $[-3, 15]$:

$$y = f(x) = x^2 - 1$$

En utilisant une population de 3 individus et avec $\omega = c_1 = c_2 = 0.7$, $\text{gen}=3$, $\phi = [0.3 \quad 0.1 \quad 0.9 \quad 0.6 \quad 0.7 \quad 0.4 \quad 0.8]$.

Chapitre 3

Les réseaux de neurones artificiels (RNA)