

Module Master M2

Systèmes complexes

Chapitre III : Les Systèmes Complexes Artificiels

Présenté par : Prof. Kholadi Mohamed-Khireddine
Département d'Informatique
Facultés des Sciences Exactes
Université Echahid Hamma Lakhdar d'El Oued
Tél. 0770314924
Email. kholladi@univ-eloued.dz et kholladi@yahoo.fr
Site Web. www.univ-eloued.dz
<http://kholladi.doomby.com/> et <http://kholladi.e-monsite.com/>



III – Algorithme génétique

III.0 - Sommaire

1. Les réseaux de neurones artificiels
2. Le programme de développement des systèmes intelligents
3. Les automates cellulaires
 - a. Jeu de la vie : Automates cellulaires 2D utilisant des règles simples
 - b. Jeu de la vie ; les modèles émergents
4. La vie artificielle
 - a. Boids de Craig Reynolds
 - b. Apparition dans les systèmes complexes
5. Optimisation de colonie de fourmis
 - a. Découverte du plus court chemin
 - b. Algorithme ACO
 - c. Problème du voyageur de commerce résolu par l'ACO
6. Optimisation par l'essaim de particules
 - a. Algorithme PSO
7. Applications
 - 7.1- Nouveaux algorithmes de tri basés sur le calcul normal
 - a. Tri des boules
 - b. Tri prolongé des boules
 - 7.2 - Traitement d'image
 - c. Traitement d'image par apparition

- d. Traitement d'image en utilisant l'informatique quantique et l'apparition renversée
8. Outils de logiciels de systèmes complexes
9. Conclusion

III.1 - Réseaux de neurones artificiels

La figure III.1 symbolise la pensée voir les réseaux de neurones avec le site d'animation.



Figure III.1 – Symbole de réseaux de neurones avec le site d'animation

En 1982, les travaux du physicien John Hopfield relancent les recherches sur les réseaux de neurones. Hopfield propose un modèle de réseau particulier (totalement connecté) et un nouveau principe d'apprentissage, la rétro propagation du gradient, qui permet de résoudre le problème soulevé par Minsky et Papert. Mais d'autres problèmes encore plus ardues demeurent. De nombreuses applications industrielles voient le jour : diagnostic (voiture Renault, photocopieurs Canon, etc.), compression de données (JVC), prévision de consommation d'eau (Algérienne des Eaux "SEACO", entreprise nationale des barrages ENB, etc.), d'électricité (Sonelgaz), de trafic routier (Inforoute) ou de cours boursiers (Bourse d'Alger), reconnaissances des formes, etc. Par exemple, les machines de tri du courrier utilisent des réseaux de neurones formels pour reconnaître les chiffres des codes postaux sur les enveloppes comme sur la figure III.2.



Figure III.2 – Machine de tri postal

III.2 - Programme de développement des systèmes intelligents

Les réseaux de neurones artificiels sont des tentatives brutes de modéliser fortement d'une manière massive et parallèle des traitements distribués que l'on suppose fait par le cerveau humain comme sur la figure III.3.

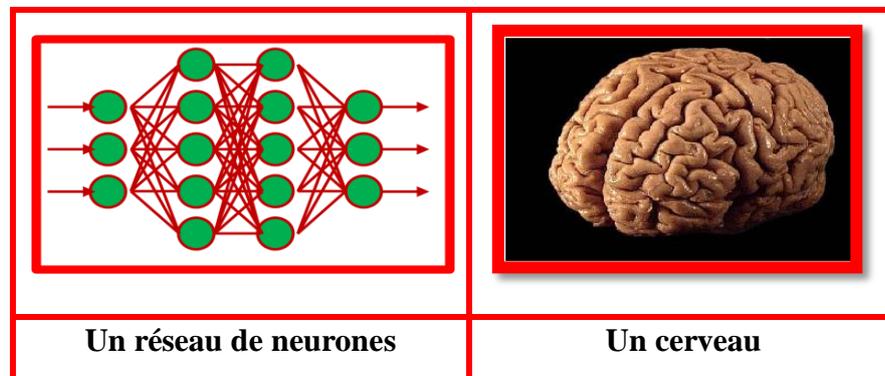


Figure III.3 – Un réseau de neurone et un cerveau

Au départ, Les réseaux de neurones ont intéressé deux secteurs principaux d'activités : la biologique avec des tentatives de modéliser des systèmes neuraux biologiques et l'informatique avec le développement des applications puissantes. Ils peuvent être employés pour répondre aux préoccupations suivantes de :

- Reconnaissance des structures : Cette image contient-elle un visage ?
- Problèmes de classification : Cette cellule est-elle défectueuse ?
- Prévisions : Donné ces symptômes, le patient a la maladie X.
- Prévisions ; Comportement de prévisions des marchés boursiers.
- Écriture : Le caractère est-il identifié ?
- Optimisation : Trouver le chemin le plus court pour le TSP.

III.3 - Automates cellulaires (AC)

L'espace des automates cellulaires (AC) est un treillis des cellules (habituellement 1D, 2D, 3D) avec une géométrie particulière comme sur la figure III.4. Chaque cellule contient une variable d'une gamme limitée des valeurs (par exemple, 0 et 1). Toutes les cellules se mettent à jour de manière synchrone. Toutes les cellules emploient la même règle de mise à jour, dépendant seulement des relations locales et avances de temps dans des étapes discrètes.

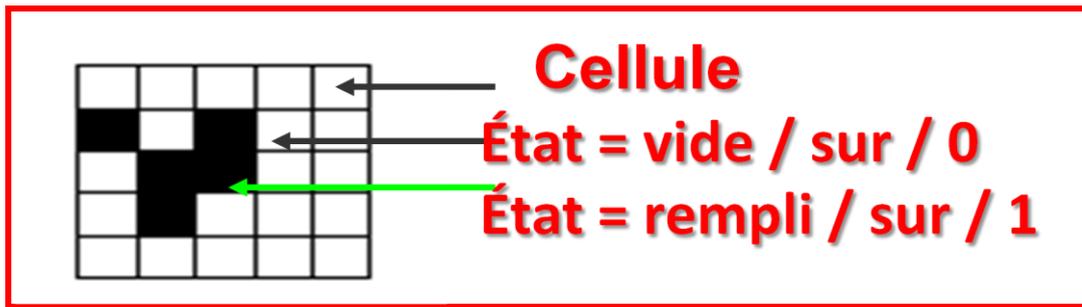


Figure III.4 – L’espace des automates cellulaires

III.3.1 - Jeu de la vie : Automates cellulaires 2D utilisant des règles simples

La figure III.5 illustre le fonctionnement des automates cellulaires 2D, qui utilisent des règles simples expliquées dans le tableau associé à la figure. Le tableau donne les règles de fonctionnement ou de transition des cellules. C’est ce qu’on la vie de Conway.

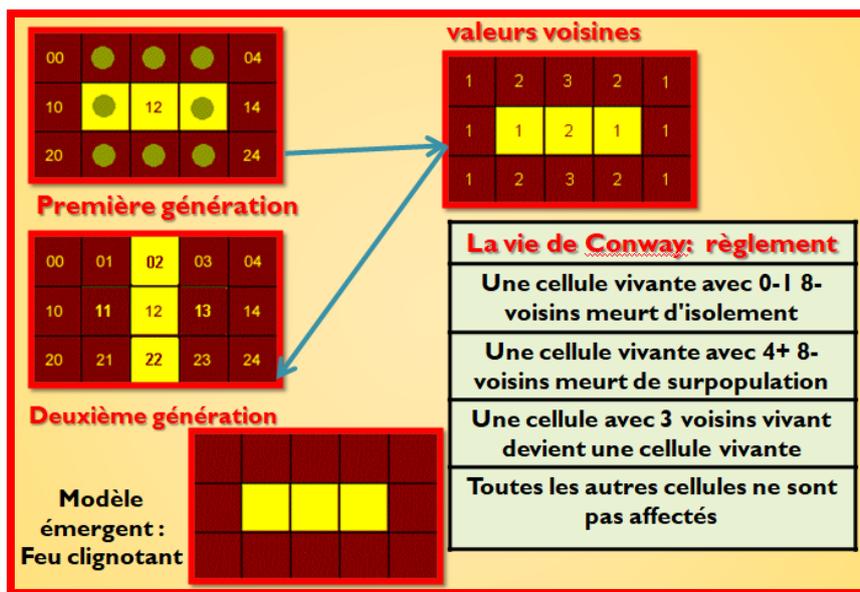


Figure III.5 – Jeu de la vie avec automates cellulaires 2D

III.3.2 - Jeu de la vie : les modèles émergents

La figure III.6 illustre le fonctionnement des automates cellulaires 2D, qui utilisent des modèles émergents qui expliquent le mode de transition des cellules dans le tableau associé à la figure. Le tableau donne les règles de fonctionnement ou de transition des cellules. C’est ce qu’on appelle aussi la vie de Conway.

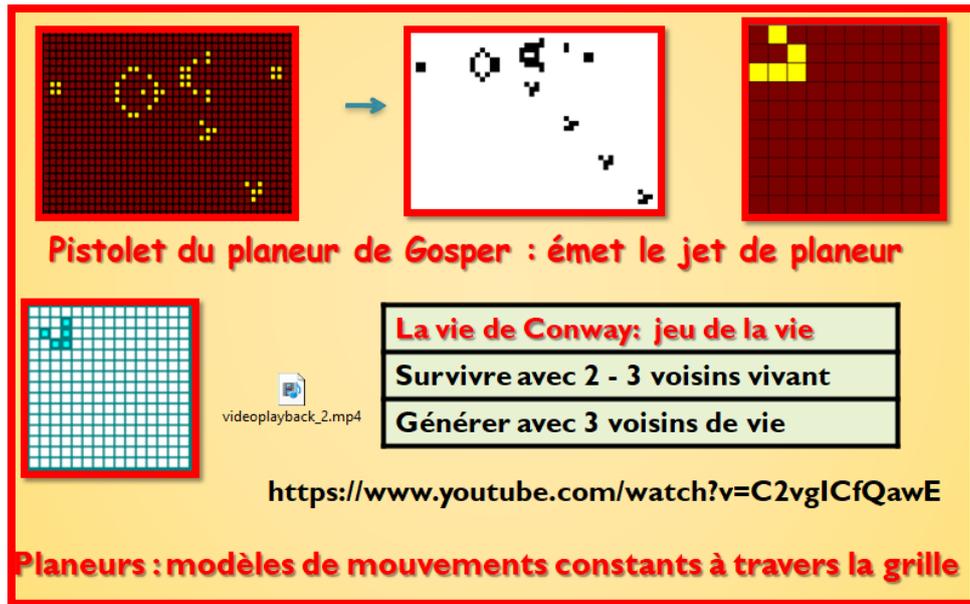


Figure III.6 – Jeu de la vie avec des modèles émergents

La figure III.7 illustre d'autres modèles émergents pour simuler le fonctionnement ou la transition des cellules.

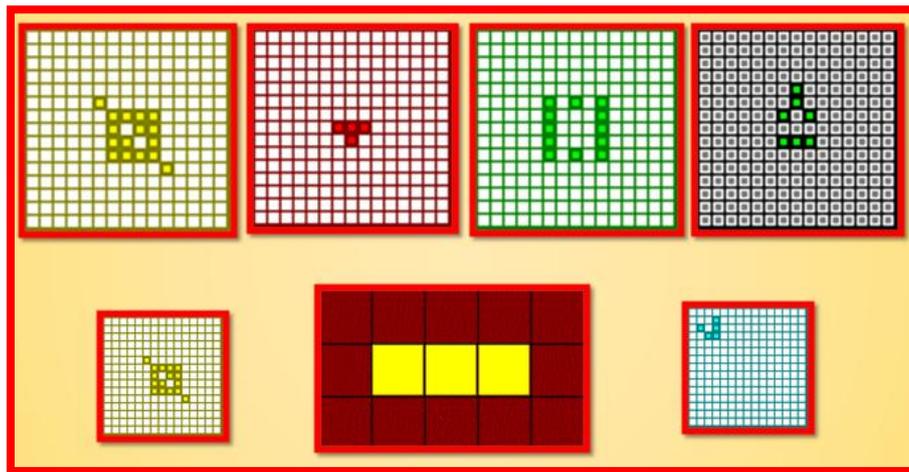


Figure III.7. D'autres modèles émergents

La figure III.8 illustre le modèle émergent d'une montre avec le site de la démonstration de la vidéo.

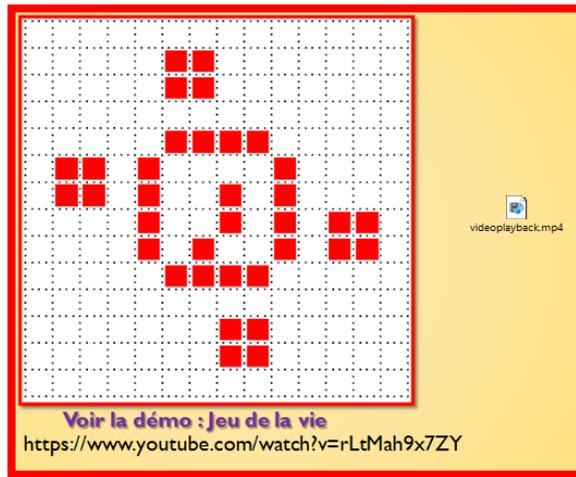


Figure III.8 – Modèle émergent d'une montre

III.4 - La vie artificielle

Une tentative de mieux comprendre la vraie modélisation des systèmes biologiques de la vie des entités dont on se rend compte. Les propriétés dans la vie de l'émergent motivent des scientifiques et divers explorateurs de la possibilité de créer artificiellement la vie et d'attendre l'inattendu. Quand quelques propriétés d'un émergent choisis deviennent plus que la somme de ses parties.

III.4.1 - Boids de Craig Reynolds

Boids est un simulateur de robots virtuels comme un oiseau, appelés Boids, ainsi que la création d'un comportement émergent de flockage. Inspiré par le papier "cheptels, troupeaux, et les écoles : un modèle comportemental Distribué" par Craig Reynolds, il a mis en place un simulateur de Boids rapide, capable de simuler et de rendre plus de mille Boids au temps réel. La figure III.9 illustre le comportement d'oiseau par le modèle des Boids avec deux démonstrations en vidéo.



Figure III.9 – Boids de Craig Reynolds

Les règles simples provoquent le comportement complexe comme sur la figure III.10.



Figure III.10 – Règles simples de comportement

Figure III.11 illustre les règles d'évitement des obstacles pour l'anticollision entre les membres d'oiseaux, d'assortiment de vitesse par rapport aux autres membres et enfin de centrage de bande pour la cohésion du groupe d'oiseaux.

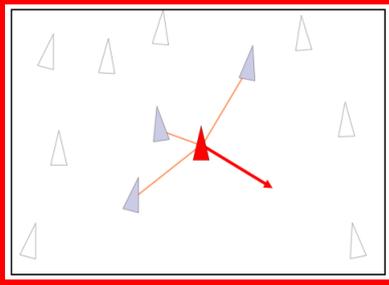
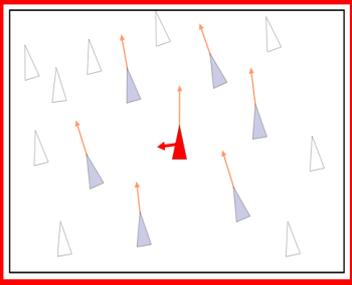
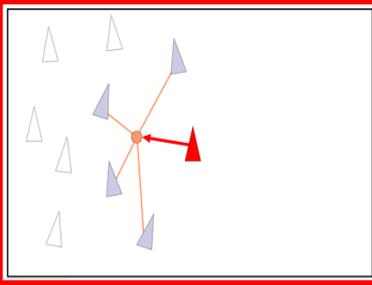
Évitement anticollision	Assortiment de vitesse : Alignement	Centrage de bande : Cohésion
		
<p>Règle 1 Éviter la collision avec des oiseaux voisins (la séparation)</p>	<p>Règle 2 Assortir la vitesse des oiseaux voisins (l'alignement)</p>	<p>Règle 3 Séjour près des oiseaux voisins (cohésion)</p>

Figure III.11 – Règles d'évitement, d'assortiment de vitesse et de centrage de la bande

Les règles simples pour chacun des individus. Il n'y a aucune commande centrale, c'est-à-dire décentralisé et par conséquent robuste. Il y a apparition d'un système composé des oiseaux discrets effectuant des mouvements globaux coordonnés.

III.4.2 - Apparition dans les systèmes complexes

La figure III.12 illustre le comportement des Boids de Craig Reynolds pour éviter les obstacles, dans notre cas les deux colonnes.

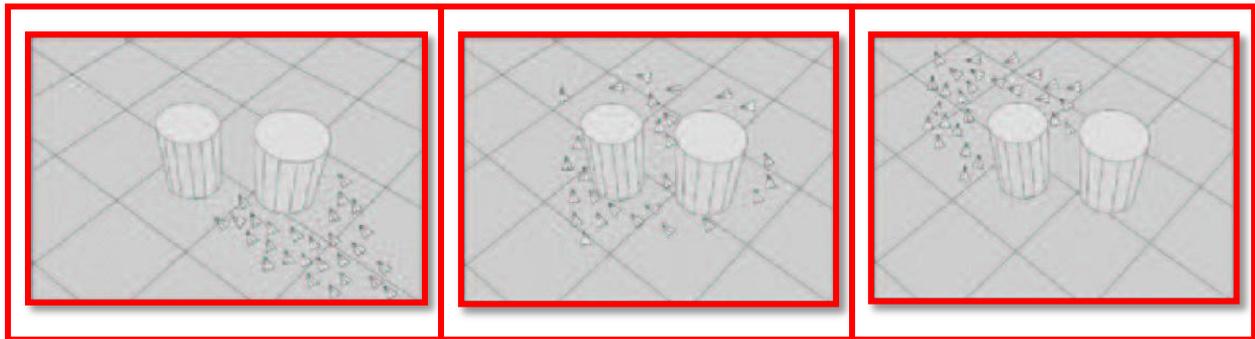


Figure III.12 – Boids de Craig Reynolds avec évitement d'obstacles

III.5 - Optimisation de colonie de fourmis

III.5.1 - Découverte du plus court chemin

Les fourmis arrivent à trouver le plus court chemin après quelques minutes, etc. voir la figure III.13.

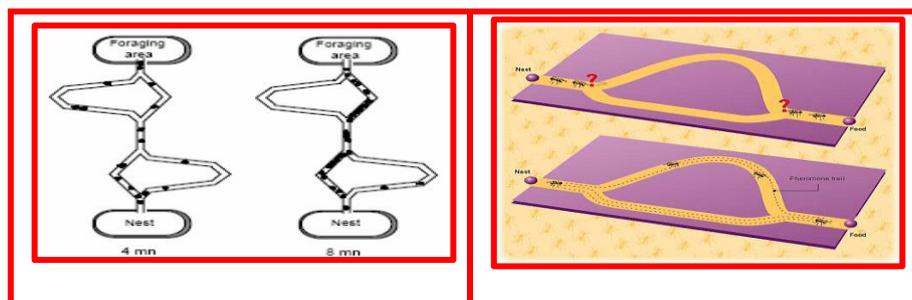


Figure III.13 – Les chemins parcourus par les fourmis

III.5.2 - Algorithme

Chaque fourmi artificielle est un mécanisme probabiliste qui construit une solution au problème, employant :

- Dépôt artificiel de phéromone
- L'information heuristique : traînées de phéromone, mémoire déjà visitée des villes, etc.

Algorithm 1 :

```

Ant colony optimization metaheuristic
Set parameters, initialize pheromone trails
while termination conditions not met do
    ConstructAntSolutions
    ApplyLocalSearch {optimal}
    UpdatePheromones
    
```

End while

III.5.3 - TSP résolu using ACO (Ant Colony Optimization) on Traveling Salesman Problem (optimisation des colonies de fourmis du problème du voyageur de commerce)

La figure III.14 illustre le parcours de l’algorithme ACO pour trouver le plus court chemin et au moindre coût pour passer par tous points et revenir au de départ. La figure montre quelques phases de l’algorithme ACO pour la résolution du problème du voyageur de commerce.

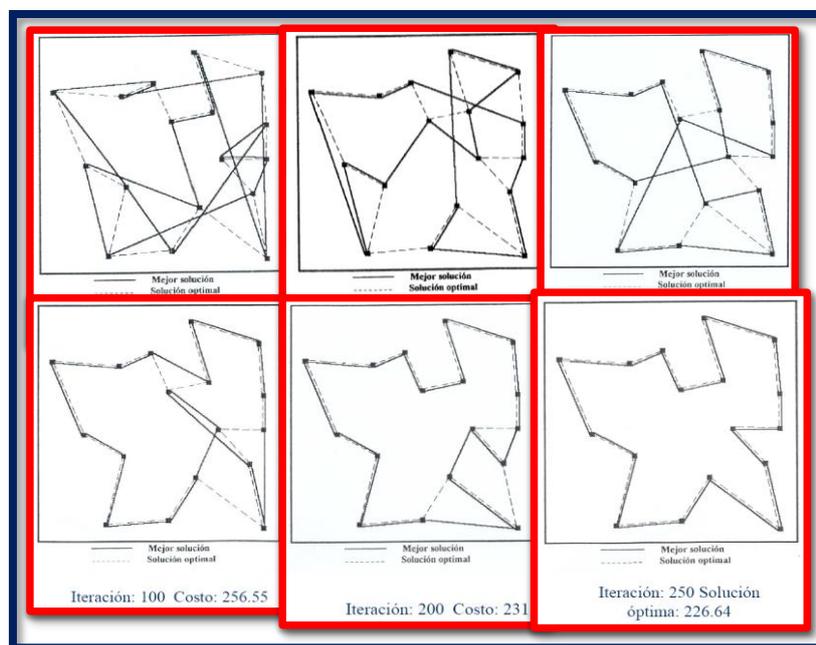


Figure III.14 – Résolution du problème TSP par l’algorithme ACO.

III.6 - Optimisation d’essaim de particules

La figure III.15 illustre les bancs d’animaux qui se déplacent en groupe sans se heurter et souvent ressorte une certaine intelligence collective.



Figure III.15 - Le banc d’animaux en déplacement coordonné naturellement

Le flockage d'oiseaux est un du meilleur exemple de PSO en nature. Un motif du développement de PSO était de modeler le comportement social humain comme sur la figure III.16.

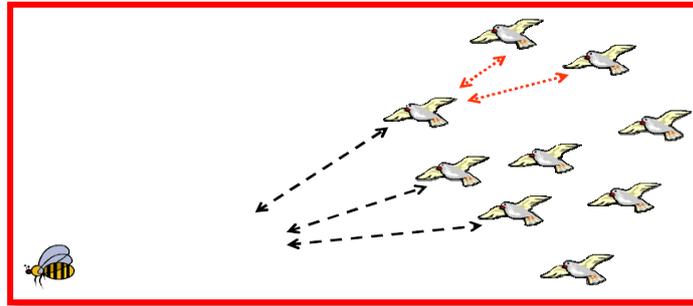


Figure III.16 – Le flockage d'oiseaux pour attaquer une proie

Algorithme de PSO

Chaque particule (ou agent) évalue la fonction pour maximiser à chaque point visité dans l'espace. Chaque agent se rappelle la meilleure valeur de la fonction trouvée jusqu'ici par lui (pbest) et ses coordonnées. Deuxièmement, chaque agent sait globalement la meilleure position qu'un membre de la bande avait trouvée, et sa valeur (gbest). L'utilisation des coordonnées gbest et pbest permet à chaque agent le calcul de sa nouvelle vitesse comme (voir la figure III17) :

$$v_i = v_i + \text{Rand de } C_1 \times () \times (pbestx_i - presentx_i) + \text{Rand de } C_2 \times () \times (gbestx_i - presentx_i)$$

là où $0 < \text{couche-point} () < 1$

$$= presentx_i \text{ de } presentx_i + (v_i \times \Delta t).$$

```

Randomly generate an initial population
repeat
  for i = 1 to population_size do
    if f(present, ) < f(pbest)
      then pbest = present;
    gbest = best(pbest);
    for d =1 to dimensions do
      velocity_update();
      position_update();
    end
  end
until termination criterion is met.
    
```

Figure III.17 – Algorithme PSO

La figure III.18 illustre les différentes phases d'itération de l'algorithme PSO appliqué sur le relief pour trouver le plus court chemin en optimisant les pentes.

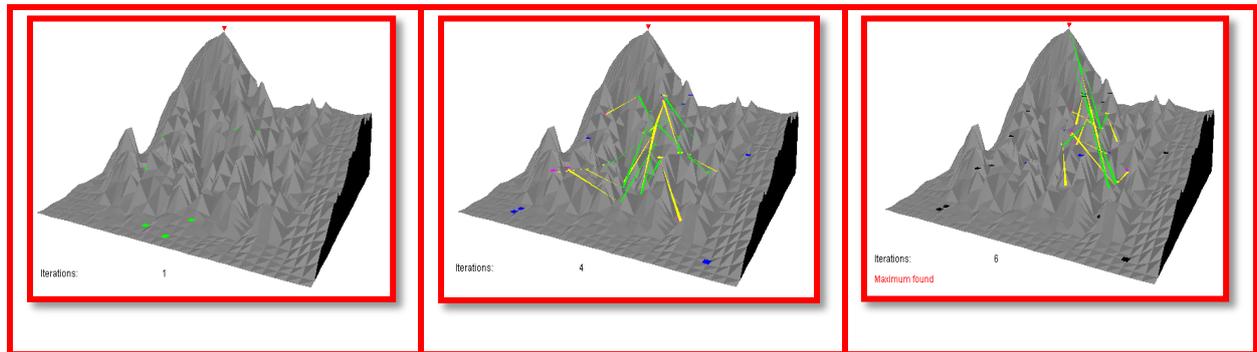


Figure III.18 – Les différentes itérations de l'algorithme PSO appliqué sur le relief

III.7 - Applications

III.7.1 - Nouveaux algorithmes de tri basés sur le calcul normal

III.7.1.1 - Tri des boules

Le tri des boules est une méthode de commander un ensemble de nombres entiers positifs en imitant le processus normal des objets tombant à la terre, car les perles sur un abaque glissent vers le bas les tiges verticales. Le nombre de perles sur chaque rangée horizontale représente un des nombres de l'ensemble à assortir, et il est clair que l'état final représentera l'ensemble assorti comme sur la figure III.19.

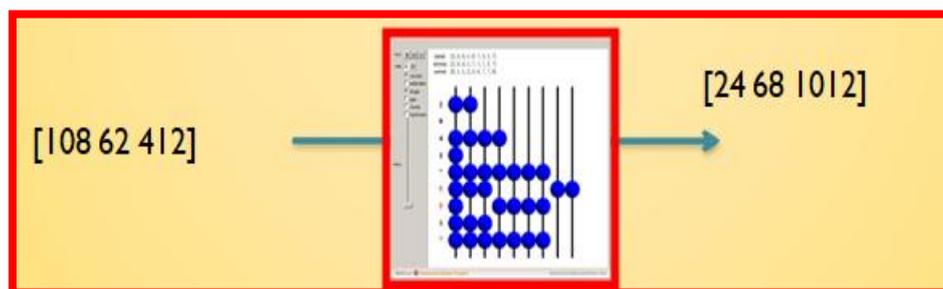


Figure III.19 – Le tri des boules

III.7.1.2 - Tri prolongé des boules

"A prolongé" le mode (anti-gravité) permet l'inclusion de tous les nombres entiers, avec "les perles négatives" se levant tandis que "les perles positives" tombent comme sur la figure III.20.

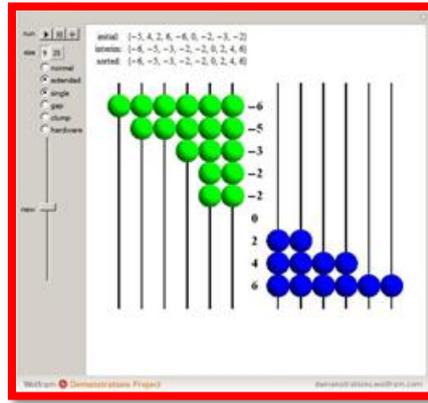


Figure III.20 – Tri prolongé des boules

III.7.2 - Le traitement d'image

III.7.2.1 - Le traitement d'image par apparition

L'objectif de la méthode proposée est de résoudre des tâches à traitement d'image par apparition en utilisant les automates cellulaires voir l'exemple sur la figure III.21.

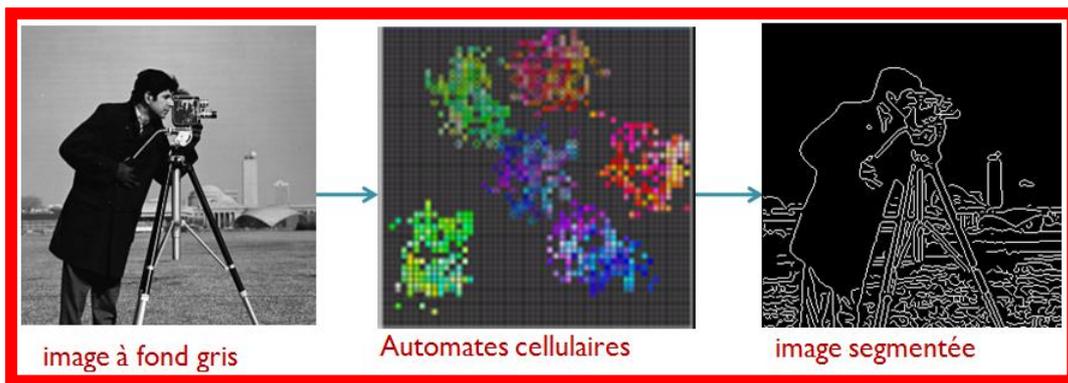


Figure III.21 – Traitement d'image par apparition

L'objectif est de résoudre des tâches à traitement d'images par apparition en utilisant les automates cellulaires. La solution est proposée selon le principe suivant :

$$\delta(S_1, S_2, S_3, S_4) = \begin{cases} 0 & \text{si } |S - S_i| < \varepsilon, \forall i = 1, 4 \\ S & \text{si autrement} \end{cases}$$

III.7.2.2 -Le traitement d'image en utilisant l'informatique quantique et l'apparition renversée

L'objectif de la méthode proposée est de résoudre des tâches à traitement d'image par apparition renversée en utilisant l'informatique quantique et l'apparition renversée voir l'exemple de la figure III.22.

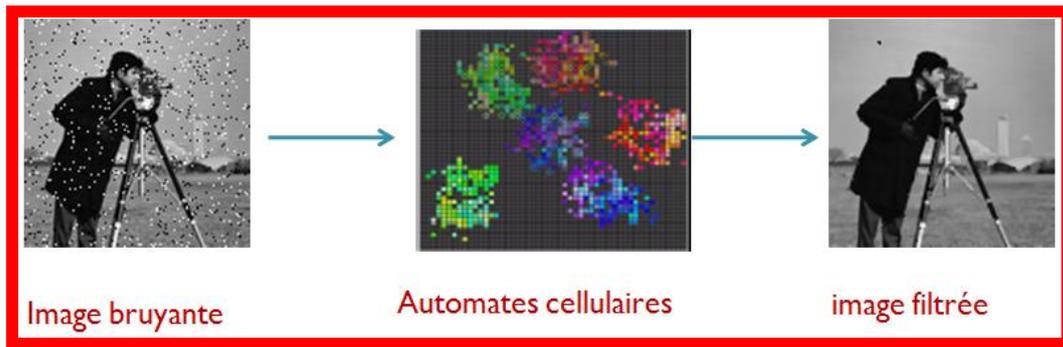


Figure III.22 – Traitement d'image par l'informatique quantique et l'apparition renversée

Le désir comportement complexe par règles prévoit à l'actuel de traiter de simples de problèmes. Le principe de la solution est basé sur l'apparition renversée et le calcul organique comme sur la figure III.23.

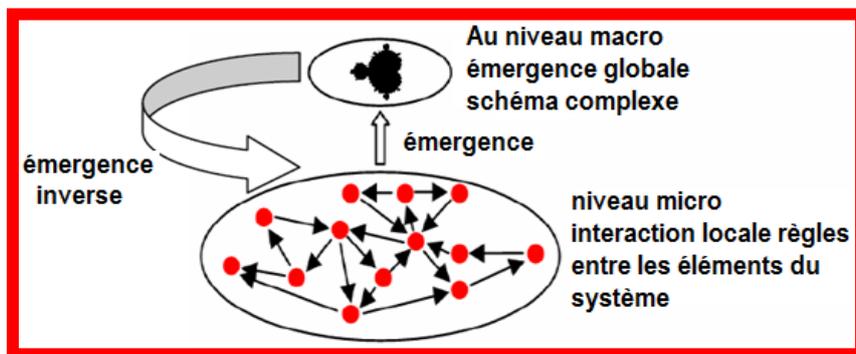


Figure III.23 – Technique d'émergence inverse

Pour trouver les règles simples qui provoquent le comportement complexe désiré : simple exploration ordonnée à la main (des épreuves), en prenant l'inspiration de la nature (abeilles, fourmis, termites, araignées, etc.) et en effectuant des études d'optimisation en utilisant (GA, PSO, QGA, QPSO, etc.).

III.8 - Outils de logiciel des systèmes complexes

Il existe plusieurs outils de logiciel de simulation des systèmes complexes. On peut citer quelques uns comme suit :

1. NetLogo
2. Matlab - NN, GA, boîtes à outils de RBN
3. Plate-forme d'essaim
4. Le jeu de Conway de la vie

III.9 – Conclusion

On peut apprendre de la nature et tirer profit des problèmes qu'elle a déjà résolus. Beaucoup d'individus simples agissant l'un sur l'autre les uns avec les autres peuvent faire un comportement global émergent. Les techniques basées sur le comportement naturel collectif sont intéressantes parce qu'elles sont bon marché, robustes et simples. Il existe un bon nombre de différentes applications. Les individus simples qui agissent l'un sur l'autre localement provoquent le comportement global très complexe.