

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DR. TAHAR MOULAY SAIDA
FACULTE : TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT : INFORMATIQUE



MEMOIRE DE MASTER

**OPTION : Modélisation Informatique des Connaissance et des
Raisonnement (MICR)**

Thème

Une approche d'optimisation pour le transport des marchandises

Présenté par :

Hadj Khaldi
Ali Khedda

Encadré par :

Dr. Zakaria BENDAOU

Promotion : juin & 2018

REMERCIEMENTS

En préambule à ce mémoire, nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Nous tounons à remercier sincèrement Monsieur Bendaoud Zakaria, qui est notre encadreur de ce mémoire, il s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi que pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

Nous n'oublions pas nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours soutenu et encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions, tous ceux qui n'ont pas été cités dans ces quelques lignes et qui ont contribué de près ou de loin par leur aide au bon déroulement de ce travail.

Merci à tous et à toutes.

DEDICACES

Nous dédions ce travail :

A nos chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières
tout au long de nos études.

A nos Amis de la promotion 2018

A tous ceux qui nous sont chers

RESUME

Le transport maritime est l'opération de déplacement des marchandises d'un endroit à un autre par voie maritime, ce mode de transport peut prendre en considération le chargement et le déchargement des conteneurs au niveau des ports. Par rapport à d'autres modes de transport (routier, fluvial) le transport maritime reste un moyen de transport très important.

Les terminaux à conteneurs constituent des interfaces intermodales essentielles pour le réseau de transport mondial. Un emplacement optimal d'un conteneur dans les terminaux est très important pour les entreprises car cette opération permis de réduire les coûts de transport, en réduisant le temps d'attente des navires à quais.

Sur les ports maritimes, plusieurs opérations s'effectuent, lors de l'arrivé ou de départ des navires, les principales opérations sont le chargement et le déchargement des conteneurs. Dans le cadre de ce travail, nous nous intéressons à la problématique de déchargement. En effet, lors de l'arrivée d'un bateau de marchandise, le processus de déchargement se fait par le biais d'agents transporteurs qui sont à un instant t dans une position x dans le port. Notre objectif est de trouver le meilleur groupe d'agents afin de satisfaire cette tâche. Afin de réaliser ceci, nous nous sommes basés sur une approche bio-inspiré nommé : Bird Swarm Algorithm

Mots clés : Optimisation, métaheuristique, swarm intelligence, conteneurisation

TABLE DES MATIERES

Introduction générale	1
Chapitre I : Transport maritime et conteneurisation	
1.1 Introduction	4
1.2 Transport.....	4
1.3 Les Modes de transport.....	5
1.3.1 Le transport routier.....	5
1.3.2 Le transport ferroviaire	6
1.3.3 Le transport aérien	6
1.3.4 Le transport maritime.....	7
1.4 La conteneurisation.....	10
1.4.1 Le conteneur.....	11
1.4.2 Types de conteneurs.....	11
1.4.3 Avantages de la conteneurisation.....	13
1.4.4 Inconvénients de la conteneurisation.....	14
1.5 Conclusion.....	14
Chapitre II : L'optimisation et la métaheuristique bio-inspirés	
2.1 Introduction.....	16
2.2 Problème d'optimisation.....	16
2.3 Méthode d'optimisation.....	17
2.3.1 les Méthodes d'optimisation locale.....	17
2.3.2 les Méthodes d'optimisation globale.....	18
2.4 Généralités sur les métaheuristiques.....	20
2.4.1 Définitions.....	20
2.4.2 Type des metaheuristiques.....	20
2.4.3 Classification des métaheuristiques.....	21
2.5 Les Algorithmes Métaheuristiques Bio-Inspiré.....	22
2.5.1 Le bio-mimétisme.....	23
2.5.2 Algorithmes évolutionnaires (AEs).....	24
2.5.3 Algorithmes d'Intelligence par Essaims (AIEs).....	26
2.5.4 Algorithme d'optimisation par Essaims(AOAS).....	30
2.6 Conclusion.....	30
Chapitre III : Algorithme d'essaim d'oiseaux pour la résolution du problème d'optimisation de transport du conteneur	
3.1 Introduction.....	32
3.2 Objectif.....	32

3.3 Fonctionnement.....	32
3.4 Bird swarm algorithm(BSA).....	32
3.4.1Théorie de l'algorithme d'essaim d'oiseaux.....	32
3.4.2L'organigramme de base de BSA.....	33
3.4.3Algorithme Bird swarm (BSA).....	34
3.5 BSA pour la résolution de problème d'optimisation de transport des marchandises.....	35
3.5.1 L'organigramme de l'approche proposé.....	35
3.5.2 L'algorithme de l'approche proposé.....	36
3.6 vue artificiel VS Vue Réelle.....	37
3.7 Résultat et comparaison	37
3. Conclusion	38
Conclusion générale.....	39
Annexe	42

Table des figures

1.1 Modes de transport	5
1.2 Route	5
1.3 Chemin de fer	6
1.4 Transport aérien	7
1.5 Transport maritime	8
1.6 Port commercial	8
1.7 Navire de commerce	9
1.8 Porte conteneurs	9
1.9 Zone de stockage	11
1.10 Continuer standard	11
1.11 Open Top	12
1.12 Flat	12
1.13 Réfrigéré	13
1.14 Pillet wide	13
2.1 Taxonomie des algorithmes méta-heuristique	23
2.2 Organigramme de l’algorithme	26
2.3 Architecture générale de l’AOCF	29
3.1 L’organigramme de base de BSA	33
3.2 L’organigramme de l’approche proposée.	35
3.3 diagramme de classe	37
3.4 diagramme de cas d’utilisation	38

Introduction générale

Le transport maritime devient, de nos jours, de plus en plus important et représente une alternative crédible et intéressante au transport terrestre et aérien. L'interdépendance entre commerce et flux de biens et de services, en voie d'évolution continue, fait que ce système de transport représente une préoccupation d'une importance cruciale. En effet, les différentes compagnies et entreprises fournissent de grands efforts dans le but de détecter des possibilités de réduction des coûts associés à ce transport. Ces coûts sont affectés par les temps morts dans le cas de navires improductifs immobilisés dans un port, et aux échanges entre les différents modes de transport dans les ports (terrestre, ferroviaire ou navigable).

Il est le moteur de la croissance commerciale puisqu'il assure 80% des flux des échanges mondiaux .il constitue l'épine dorsal dans le commerce international grâce à ses nombreux avantages en principe la sureté, la moindre pollution et la rapidité, avec l'aide des intervenants, tel que le transitaire, le transporteur et la douane qui ont une mission principale d'établir une liaison entres les manutentionnaires.

Avec l'évolution du phénomène de conteneurisation, les ports maritimes ont connu de grands développements dans les techniques de manutention. Un terminal maritime à conteneurs se décompose en deux grandes zones, chacune étant caractérisée par ses propres opérations de manutention et ses équipements. En effet dans la partie quai les navires sont chargés/déchargés par des portiques de quai. Tandis que dans la partie terrestre appelé encore la cour, cette zone possède comme équipements les portiques de cour. Un autre équipement qui est le véhicule de transport assure la liaison entre ces deux zones.

Le commerce international s'est développé rapidement entre tous les continents du monde. Les échanges mondiaux ont augmenté de plus en plus en termes de valeur et de volume, notamment grâce à l'ouverture du canal de Suez en 1869 puis celui du panama en 1914. Le transport de marchandises par conteneur est aujourd'hui indispensable. Il n'est que la systématisation d'une idée simple au départ : grouper dans une sorte de « boîte » des marchandises afin d'en faciliter le déplacement, Personne aujourd'hui ne voudrait sérieusement contester la supériorité du conteneur pour le transport maritime, dont le résultat est un immense perfectionnement de la protection de la marchandise contre toutes avaries. Par conséquence, la popularité du conteneur continue à progresser et la quantité de marchandises transportées par ce moyen est en augmentation constante.

Le conteneur a fait son apparition dans le commerce international au cours des années 1960, devenue un élément majeure du commerce international et connait un taux d'expansion considérable, s'il ne représente que 20à 25 %de tonnage transport » par voie de mer, représente environ 80% de la valeur totale des marchandise transportés, il offre aux chargeurs des services d'une qualité remarquable en matière de régularité de fréquence de temps de transit , pour des prix devenu très bas .

Ce travail consiste à utiliser une métaheuristique inspiré de la nature en particulier par l'intelligence en essaim d'oiseaux, (Bird Swarm Algorithm, BSA) pour résoudre le problème d'optimisation de transport du conteneur. Lors de l'opération d'un déchargement de navire le transport de conteneur se fait entre le quai et une zone de stockage. Cette opération est assurée par des agents qui sont un instant t dans une position x par rapport au navire à décharge. Le choix de ces agents doit se faire de manière rapide et efficace pour permettre un déchargement respectant les contraintes de temps. L'objectif principale de ce travail est de trouver les meilleurs agents qui peuvent assurer le déchargement rapide d'un contenu tout en minimisant le nombre de mouvements, c-à-d : le nombre de va et vient des agents.

L'organisation de ce mémoire suit une progression ordonnée. Ce document se décompose en trois chapitres correspondant au cheminement de notre démarche :

Chapitre 1 : Transport maritime et conteneurisation

Dans le premier chapitre, nous présenterons une description sur le transport maritime et ainsi la gestion des ports.

Chapitre 2 : L'optimisation et les métaheuristiques bio-inspiré.

Dans ce chapitre, un état de l'art des systèmes d'optimisations, métaheuristiques, et une vue d'ensemble sur les algorithmes des swarms intelligences sont présentés

Chapitre 3 : l'implémentation.

Dans ce chapitre, l'approche proposée est mise en avant, les étapes de l'implémentation ainsi que les résultats obtenus sont expliqués.

CHAPITRE I

Transport maritime et conteneurisation

1.1 Introduction

Le transport joue un rôle capital au sein de l'économie de par son omniprésence dans la chaîne de production et ce, à toute échelle géographique. Le transport se conçoit comme une composante intégrale du cycle de production-consommation. En fait, bien souvent les entreprises et les individus doivent prendre des décisions sur les routes à emprunter afin d'acheminer du fret ou des individus à travers l'espace économique. Il n'est pas exceptionnel de constater que les coûts de transport peuvent représenter 20% du prix total d'un bien.

Le choix du mode de transport pour acheminer de la marchandise ou des individus d'une origine à une destination devient grand dans un contexte marqué par la production de biens de consommation légers et par des techniques de production de plus en plus avancées. Ce choix dépend d'un nombre de facteurs tels que la nature des biens, les infrastructures disponibles, les origines et les destinations

Les modes de transport sont : le transport terrestre, le transport fluvial ou maritime et transport aérien. Ils représentent une part importante de la géographie des transports en tant que pourvoyeurs de mobilité

Le transport maritime c'est l'opération de déplacement des marchandises d'un endroit à un autre par voie maritime. Ce mode de transport peut prendre en considération le chargement et le déchargement des conteneurs au niveau des ports. Par-rapport à d'autres modes de transport, le transport maritime reste un moyen de transport très important.

Le transport maritime est donc un instrument privilégié des échanges internationaux et a connu plusieurs révolutions pour s'adapter au fil du temps à l'évolution des échanges. La conteneurisation est sans doute l'une des révolutions les plus marquantes du transport maritime.

1.2 Transport

L'Homme d'aujourd'hui se déplace beaucoup et de plus en plus loin. Sa mobilité est devenue un droit revendiqué comme tel, qui alimente le débat entre la réduction du transport individuel motorisé (comme l'automobile). Ensuite, les besoins de consommation courante des Hommes, accrus et diversifiés, nécessitent l'acheminement de produits vers des lieux de fabrication, puis vers des lieux de distribution, ils consomment des marchandises transportées en conteneurs par train, bateau ou avion, aux origines géographiques de plus en plus variées dans un monde qui se met en réseau. Le transport fait partie du quotidien de tous et chacun a donc une expérience, plus ou moins riche, de son utilisation. Tout d'abord, il faut distinguer le transport de marchandises du transport de voyageurs. Le transport de marchandise, encore appelé transport de fret ou même fret tout court, est en général une activité professionnelle en soi. Le chargeur possède une marchandise qu'il confie à un transporteur qui doit la livrer à un client.

C'est donc une activité d'entreprises, qui utilisent généralement des circuits et des véhicules spécifiques [4].

1.3 Les Modes de transport

Il existe cependant plusieurs modes pour transporter ces marchandises : le fret aérien, maritime et les marchandises en ville, dont la moitié des déplacements s'effectue dans les coffres des voitures des consommateurs. Le transport de voyageurs, deux classifications se croisent. On distingue les transports individuels comme la voiture, le vélo' et collectifs tels que le bus, le train, le tramway... et bien d'autres, finalement, compte tenu de leur coût et le besoin pour lequel on les utilise, il y a également le bateau et l'avion, qui sont en général des moyens de transport de masse utilisés pour le déplacement sur de longues distances [19].

On distingue principalement quatre modes de transports : le transport routier, le transport aérien, le transport ferroviaire et le transport maritime.



Figure 1.1 - Modes de transport

1.3.1 Le transport routier

Le transport (et le déplacement) routier qui s'effectuait à pied, puis à la traction animale ont pris leur essor, avec l'invention du moteur, réduisant le temps de transport, à moindre fatigue. Dans les pays occidentaux, il est effectué à l'aide des véhicules automobiles de tourisme ou industriels : voitures, camionnettes, camions et remorques. Dans de nombreux autres pays, le transport routier s'effectue toujours à grande échelle par des moyens humains (bi- cyclâtes, ...) et à traction animale. Pour faire face à l'extension de la demande, et si le pays en a les ressources, le réseau routier est étendu et modernisé. Le réseau et les infrastructures peuvent même être spécialisés : aménagement de pistes cyclables, de couloirs d'autobus (voies réservées, autoroute...) [6].



Figure 1.2 - Route

1.3.1.1 Avantages et Inconvénients

Le transport terrestre est coûteux, mais il a un avantage indéniable : sa souplesse. Peu importe le lieu de départ ou le lieu d'arrivée, Ce mode de transport est souvent utilisé en complément d'un autre mode. Par exemple : transport terrestre du fournisseur au port ou pour la livraison à l'entrepôt du client final, mais il faut méfier des délais car il est relativement lent, et il est moins rassurant vu le nombre des accidents routiers et ses dégâts [6].

1.3.2 Le transport ferroviaire

Le transport ferroviaire s'effectue sur des voies ferrées, et comprend, par conséquent, le train, le métro et le tramway. C'est le seul moyen de transport qui utilise à ce jour, l'électricité massivement, comme source d'énergie. Le transport par voies ferrées est souvent plus rapide que par la route, et il est relativement peu coûteux, et peu polluant. Ceci explique le succès grandissant du transport par voies ferrées de voyageurs au niveau de la ville et du pays et maintenant, aussi pour les marchandises, au niveau continental grâce aux trains à grande vitesse T.G.V. aux ponts et aux tunnels [6].



Figure 1.3 - Chemin de fer

1.3.2.1 Avantages et Inconvénients

Le transport idéal sur les longue distance (coût/rapidité), sécurisé et écologique en raison des faibles émissions de CO₂, mais il est moins souple que le routier [6].

1.3.3 Le transport aérien

Dernier mode de transport apparu au cours du XXe siècle, d'abord réservé à une élite, il s'est rapidement démocratisé, monopolisant les liaisons transcontinentales et éliminant les derniers paquebots transatlantiques. Dépendant à l'origine de la Marine, il en a conservé le vocabulaire (celui de la navigation aérienne). Il est ensuite devenu véritablement un transport de masse avec l'apparition des avions gros porteurs et les compagnies aériennes à bas prix. Il s'adresse principalement aux voyageurs, mais le transport de fret aérien se développe de plus en plus avec la mise en service d'avions cargos spécialisés [6].



Figure 1.4 - Transport aérien

1.3.3.1 Avantages et Inconvénients

Le plus coûteux et rassurant en sécurité des modes de transport, mais de loin le plus rapide. On le privilégiera donc pour les transports en urgence. D'aucun ne le recommandent pour les petites quantités peu denses en poids, ou pour les produits à forte valeur [6].

1.3.4 Le transport maritime

Le transport maritime a été le moyen de découvrir et d'explorer les continents nouveaux (Découverte des Amériques, exploration des pôles) à partir desquels se sont développés ou intensifiés de nouveaux commerces (le commerce d'esclaves) avec l'ancien continent, comme les routes continentales l'avaient déjà fait. Le transport maritime a bien gardé sa vocation commerciale, car sur les longues distances, il reste, pour des charges importantes, le plus économique, parfois le seul disponible.

Il participe aujourd'hui aux transports de carburants (pétroliers), gaz (méthaniers), de containers de déménagement et de marchandises.

Le percement des canaux (canal de Panama, canal de Suez) a favorisé ce développement, en raccourcissant les distances. Pour ce qui est des échanges à courte distance (cabotage), il se pratique intensément sur toutes les mers intérieures, et relie les continents, contribuant à l'entretien ou au développement de cultures communes, comme la Méditerranée. Ces cultures pélagiques sont basées sur une histoire ancienne et commune et sur des échanges commerciaux privilégiés. Pour ce qui est des transports de voyageurs, si la vocation première du transport maritime était de transporter des troupes, des missionnaires, des émigrants en vue de la colonisation d'autres contrées, il s'est ensuite développé comme moyen d'agrément (croisières), pour de nombreux pays, il a toujours été et reste un moyen de communication fortement usité, sur des traversées courtes (de quelques minutes à quelques jours).

Il participe aussi à de nombreuses missions scientifiques. La navigation maritime et océanique s'appuie sur une infrastructure constituée de ports maritimes, de ports en eaux profondes et de canaux. Ces ports peuvent être eux-mêmes spécialisés : réparation et construction navale, commerce, pêche, support aux missions scientifiques, supports à la Marine nationale [6].



Figure 1.5 - Transport maritime

1.3.4.1 Avantages et Inconvénients

C'est le moyen de transport privilégié par les importateurs en raison de son très faible coût. Et sa capacité importante de transporter la marchandise, mais il est trop long [6].

1.3.4.2 Les ports de commerce

Les ports de commerce maritimes sont donc aujourd'hui comme des poumons de l'économie mondiale, l'une des fonctions est le chargement et le déchargement de marchandises commerciale, le port accueille les conteneurs sur un parking situé près des quais, des marquages au sol sont destinés à placer chaque conteneur afin d'utiliser le maximum d'espace disponible.



Figure 1.6 - Port commercial

1.3.4.3 Les navires de commerces

À chaque catégorie de marchandises est associé un type de navire et, de fait, une technique de manutention et une structure de marché particulier. Les navires sont souvent spécialisés dans un type de conditionnement ou de chargement (navires conventionnels, porte-conteneurs, vraquiers). Mais ils peuvent être classés beaucoup plus finement, en fonction des capacités précises que leur confèrent leurs équipements. Ainsi, parmi les navires de charge, on trouve les navires citernes (tankers), spécialisés dans le transport de liquides, et les vraquiers secs, qui acheminent des marchandises non conditionnées et solides. Dans chacune de ces deux catégories, on distingue encore des navires exclusivement dédiés au transport d'un produit particulier ou d'une famille de

produits. Bien d'autres distinctions peuvent être faites. Les navires de commerce peuvent également être classés en fonction de leur taille, de leur tonnage ou de leur tirant d'eau [13].



Figure 1.7 - Navire de commerce

1.3.4.4 Les portes conteneurs

Outil de massification par excellence, c'est le porte-conteneurs qui règne en maître sur le marché de la ligne régulière. Les raisons de ce succès sont évidentes : simplicité du système, caractère multimodal, réduction des risques de vols ou d'avaries et standardisation mondiale. Le niveau de sophistication des équipements embarqués, notamment en informatique, permet à ces immenses navires de fonctionner avec des équipages de seulement quinze à vingt personnes. De plus, l'augmentation régulière de leur taille permet à leurs opérateurs, en massifiant les flux, de réaliser des économies d'échelle qui peuvent être répercutées sur les chargeurs. De fait, l'économie de carburant qui en résulte entraîne aussi la diminution de l'impact écologique de chaque conteneur et de chaque tonne transportée. Pendant longtemps, le transport de produits divers a été assuré par des navires conventionnels. Le développement des porte-conteneurs a épousé celui des échanges mondiaux, répondant parfaitement aux besoins en offrant une modularité et une flexibilité importantes, notamment avec l'automatisation des moyens de levage dans les ports. Leur taille varie du caboteur transportant une centaine de conteneurs et d'une longueur de l'ordre de la centaine de mètres aux géants de 400 mètres pouvant transporter jusqu'à 18.000 boîtes [14].



Figure 1.8 - Porte conteneur

1.3.4.5 Les différents types de porte-conteneurs

On distingue les types de porte-conteneurs suivants :

- Les petits porte-conteneurs côtiers

Un concept unique s'est imposé depuis les années 90, avec une superstructure courte à l'arrière au-dessus de la salle des machines, une longue cale unique avec de multiples écoutilles pour plus de flexibilité, et des conteneurs sur ces écoutilles sur quatre à huit niveaux.

- Les grands porte-conteneurs

Avec l'augmentation de la taille, ils font l'économie du pont, les conteneurs étant entreposés au fond de la cale à ciel ouvert. Ceux-ci sont positionnés sur 15 à 20 niveaux. Ces navires possèdent une double coque, de 2 mètres d'épaisseur.

- Les navires post panamax

La taille ne cesse d'augmenter mais n'est pas sans limite : leur largeur est souvent conditionnée par celle des grues portuaires, et leur tirant d'eau par celui des terminaux accessibles. Ainsi, les post-panamax sont trop grands pour emprunter le canal de Panama dans sa configuration actuelle. Ce sont aussi souvent les autorités portuaires qui adaptent leurs infrastructures aux porte-conteneurs géants pour ne pas être laissées à la marge des grandes lignes transocéaniques et se retrouver.

- Les petits porte-conteneurs côtiers

Pour permettre à d'autres types de navires (vraquiers, ro-ro...) d'emporter des conteneurs, leurs écoutilles sont renforcées ou agrandies, et des cellules-guides sont ajoutées.

- Les porte-conteneurs rapides

L'intérêt pour la vitesse refait de temps en temps surface. Différents concepts sont étudiés tels que les coques « wave-piercing » (perceuses de vague), où la proue est inversée et arrondie à la manière d'un sous-marin, ou les multicoques, pour augmenter la capacité de stockage sur le pont en gardant des coques fines, ou encore les navires à effet de surface et les coques planantes, mais avec une capacité alors très limitée.

- Les feeders

Le feedering est le pré ou post-acheminement maritime des lignes intercontinentales. Cette activité est devenue un sous-marché important de la conteneurisation mais bien spécifique avec sa logique propre en termes de ports, de navires et d'acteurs. Il s'agit de navires de taille modeste avec des capacités s'étalant de 100 EVP pour les plus petits à 800 EVP pour les moyens et 2.500 EVP pour les « feedermax » [14].

1.4 La conteneurisation

Ce terme désigne le fait de transporter de la marchandise par conteneur. Le véritable démarrage de la conteneurisation intervient dans les années 1960. Aujourd'hui, le parc mondial compte 11 millions de conteneurs maritimes [16].



Figure 1.9 - Zone de stockage

1.4.1 Le conteneur

Une unité de chargement métallique parallélépipédique. Apparue en 1956, le conteneur s'est répandu et imposé en moins de dix ans comme un standard du transport maritime, c'est une boîte fermée avec un plancher, des parois latérales, des parois d'extrémités et un toit rigide. Au moins l'une des parois d'extrémités est équipée de portes. Le conteneur pour usage général est le plus répandu. Il est adapté au transport des marchandises dites sèches, celles-ci sont conditionnées le plus souvent en cartons, caisses, sacs ou palettes [16].

1.4.2 Types de conteneurs

On distingue plusieurs types de conteneurs.

1.4.2.1 Usage général (Dry, général Purpose, standard)

Ces conteneurs représentent 85 de la flotte de conteneurs. Ils sont destinés aux marchandises ne réclamant pas de conditions particulières ou de manutention. Les 40' existent en deux hauteurs différentes : 8'6 (2,591m) et 9'6 (2,895 m). Dans ce dernier cas, le conteneur est appelé "HIGH CUBE" [16].



FIGURE 1.10: Continuer *standard*

1.4.2.2 Open Top

Ces conteneurs n'ont pas de parois latérales, ni de toit. Ils sont destinés au transport de marchandises dont les dimensions ou la nature ne permettent pas son empotage dans un conteneur classique. Il existe deux types de flats : les flats à parois fixes et les flats à parois rabattables. Dans ce dernier cas, et quand les parois sont rabattues sur le plancher, l'encombrement est limité et il est possible de regrouper plusieurs de ces flats pour ne former qu'un seul module ayant les dimensions d'un 20' ou d'un 40' [16].



Figure 1.11 - Open Top

1.4.2.3 Flat

Ces planchers, aux mêmes dimensions que les structures des 20' ou des 40' permettent de supporter certains colis lourds ou encombrants dont les dimensions totales ne permettent pas son empotage à l'intérieur d'un conteneur. Les produits transportés sur des plateformes ne sont pas à l'abri des intempéries et ne sont pas dans une enceinte fermée et scellée [16].



Figure 1.12 - Flat

1.4.2.4 Réfrigéré

Destiné au transport de marchandises sous température contrôlée (de -25°C à $+25^{\circ}\text{C}$), ils sont munis de parois à fort coefficient d'isolation thermique et d'un groupe mécanique permettant

l'injection dans le conteneur d'air chaud ou froid. Les groupes sont entraînés électriquement, des équipements permettent, sur les terminaux portuaires, sur les navires et sur certains châssis routiers, d'alimenter ces groupes pendant toute la durée du transport [16].



Figure 1.13 - Réfrigéré

1.4.2.5 Pallet wide

Ces conteneurs sont des conteneurs fermés à usage général dont la largeur inférieure a été augmentée pour optimiser le transport de marchandises palettisées [16].



Figure 1.14 - Pallet wide

1.4.3 Avantages de la conteneurisation

La rapidité

Pour le client comme pour l'armateur, les pertes de temps par rupture de charge peuvent être réduites au minimum. D'autre part, il y a une simplification de formalités douanières, le conteneur constituant une unité documentaire. Dans ce cas, Il sera rempli (emporté) sous surveillance douanière et scellé. Il ne devra pas porter de traces d'effraction.

L'économie

Le transport de conteneurs fait bon marché : l'armateur gagne du temps pour emballer (économie de matériel, gain de temps). Le chargeur d'un FCL (full container load) bénéficie de tarifs avantageux comparé au chargeur d'un LCL. (Less than full Container Load) Pour l'armateur,

l'économie se situe au niveau du rendement du navire. Le client aura une marchandise (et donc des capitaux) immobilisée moins longtemps. L'assurance est moins chère.

La souplesse

La vitesse est uniforme : depuis le moment où la marchandise est empotée (chargée dans le conteneur), elle voyage jusqu'à ce qu'elle en sorte d'où une souplesse de stockage. Aussi, le conteneur peut servir de magasin.

La sécurité

Le conteneur va protéger la marchandise contre les intempéries, même pendant la manutention. Il diminue les vols, les détériorations et les pertes. Contre l'incendie, les cales sont en général protégées par un système d'extinction au CO₂ associé à une analyse de l'atmosphère. Sur les nouveaux navires sans panneau de cale, ce système est remplacé par une installation fixe à eau diffusée [7].

1.4.4 Inconvénients de la conteneurisation

Il faut que le produit soit sensible aux avantages de la conteneurisation. Cela revient donc au trafic riche qui craint la casse, le vol, etc. Mais il semble aujourd'hui que ces limites soient de plus en plus théoriques.

La seule limite est aujourd'hui d'ordre pratique : les caractéristiques des marchandises doivent correspondre à celles d'un conteneur (poids/volume/ dimensions) pour obtenir un coefficient de remplissage optimal. Mais certains fournisseurs adaptent déjà leurs produits (et leurs emballages) à la conteneurisation ou les conteneurs aux produits. Par contre les contraintes physiques aussi bien dans des transports courts que sur longues distances nécessitent un minimum de protection préventive. En effet, des températures élevées ainsi que la ventilation réduite dans le conteneur entraînent très souvent de lourds dommages si l'on n'y prend pas garde.

La température provoque la dessiccation des marchandises ou des emballages (carton, bois d'arrimage ou de calage, bois de palettes). La vapeur d'eau une fois libérée se condense dans les zones les plus froides du conteneur et en général lors de l'alternance jour - nuit. C'est alors une pluie qui semble retomber sur les marchandises, avec des dégâts irrémédiables faciles à imaginer [7].

Conclusion

On peut dire que plus de 80 des échanges mondiaux et des économies des pays passent par le trafic maritime ce qui explique sa capacité en ce qui est de la quantité à transporter, de sa diversité à pouvoir prendre en charge plusieurs types de marchandise en même temps mais aussi de ses coûts de transport qui sont moins chers par rapport aux autres modes de transport.

CHAPITRE II

Optimisation et méthodes bio-inspirés

2.1 Introduction

La résolution de problèmes d'optimisation est devenue un sujet central en recherche opérationnelle, le nombre de problèmes d'aide à la décision pouvant être formalisés sous la forme d'un problème d'optimisation étant en forte croissance.

Les problèmes d'apprentissage de réseaux de neurones, de planification des tâches ou encore d'identification sont, par exemple, des problèmes communs d'optimisation.

De nos jours, l'optimisation est devenue un domaine indispensable pour résoudre plusieurs problèmes que ce soit dans l'industrie ou d'autres secteurs

En est, nous avons assisté ces dernières années à une croissance très rapide des travaux utilisant les méthodes d'optimisation.

Cette tendance peut être observée dans tous les domaines de la science. Nous aborderons dans ce chapitre les définitions générales des méthodes d'optimisation qui se divisent sous deux volets déterministes et non déterministes.

2.2 Problème d'optimisation

La formulation des problèmes d'optimisation reste très ambiguë à cause de la diversité des vocabulaires et des confusions éventuelles que cela pourrait engendrer. Nous avons convenu d'adopter le vocabulaire qui suit :

1. Un problème d'optimisation mono-objectif est défini par un ensemble des variables, une fonction objective et un ensemble de contraintes.
2. Un problème d'optimisation multi-objectif est défini par un ensemble de variables, un ensemble de fonctions objectif et un ensemble de contraintes.
3. L'espace d'état, appelé aussi domaine de recherche, est l'ensemble des domaines de définition des différentes variables du problème.
4. Les variables du problème dite aussi variable de conception ou de décision peuvent être de nature diverse (réelle, entière, booléenne. etc.) et exprimer des données qualitatives ou quantitatives, dans la présente thèse on s'intéresse au cas réel.
5. La fonction objective ou encore (fonction de coût) définit le but à atteindre, on cherche à minimiser ou à maximiser celle-ci.
6. Une fonction multimodale présente plusieurs minima (locaux et globaux). Tandis qu'une fonction uni-modale n'a qu'un minimum, le minimum global.
7. L'ensemble des contraintes est en général un ensemble d'égalités ou d'inégalités que les variables de l'espace d'état doivent satisfaire. Ces contraintes limitent l'espace de recherche.

Les méthodes d'optimisation recherchent un point ou un ensemble de points dans l'espace de recherche qui satisfont l'ensemble des contraintes, et qui maximisent ou minimisent la fonction objective [8].

2.3 Méthode d'optimisation

Dans les grilles informatiques la réplication peut être statique ou dynamique [2]. Dans la réplication statique les répliques sont manuellement créées, gérées ou supprimées. La réplication statique a donc le problème de ne pas pouvoir être adaptée aux changements suivant le comportement de l'utilisateur. Dans un réel scénario où les données se mesurent par de péta-octets et où existent des centaines de communautés d'utilisateurs du monde entier la réplication statique ne peut être faisable. Elle est par contre utilisée dans les systèmes orientés partage de données

2.3.1 Les méthodes d'optimisation locale

La recherche locale est une méthode utilisée pour résoudre des problèmes d'optimisation décentes. La recherche locale peut être utilisée sur des problèmes de recherche d'une solution maximisant un critère parmi un ensemble de solutions candidates.

Les algorithmes de recherche locale passent d'une solution à une autre dans l'espace des solutions candidates (l'espace de recherche) jusqu'à ce qu'une solution considérée comme optimale soit trouvée ou que le temps imparti soit dépassé.

En revanche optimiser localement, c'est chercher une solution à un problème qui soit proche d'une solution de départ (optimisation locale), mais qui soit meilleure en termes de coût (fonction objectif).

Pour cela, nous recherchons une meilleure solution par itérations successives, cette classe de méthodes peut être déterministe ou non-déterministe.

Les limites de l'optimisation locale

Dans la catégorie de problèmes que nous avons présentés en haut, les méthodes cherchent le minimum d'une fonction en se basant sur la connaissance d'une direction de recherche.

Bien sûr, ces méthodes seront toujours applicables et même recommandées lorsque la solution cherchée est réputée proche de la solution connue (point de départ) ou si la fonction objective est convexe, en particulier, si le calcul n'est pas coûteux.

Toutefois, elles ne sont pas indiquées pour les problèmes multimodaux où le risque de rester bloqué dans un optimum local est fort probable, cela sut pour illustrer l'enjeu des problèmes d'autres types : L'optimisation globale. Quand un utilisateur se rend compte qu'il trouve des minimums locaux différents en exécutant son code d'optimisation (locale), il est tout à fait légitime qu'il songe à un code qui serait capable d'en tenir compte et de donner le meilleur de tous.

C'est ce genre de problèmes que l'optimisation globale propose de résoudre, ci-après, un état de l'art des méthodes d'optimisation globale [8].

2.3.2 Les méthode d'optimisation globale

Durant ces dernières années, l'optimisation globale a fait l'objet de plusieurs études grâce à des résultats théoriques nouveaux, une forte demande dans plusieurs domaines incluant des applications industrielles, et au développement des moyens de calcul.

C'est ainsi que plusieurs articles ont été publiés sur le sujet traduisant la richesse des approches et des motivations ; nous citons à titre d'exemple [15], [11], [17], [10],...etc.

Contrairement à ce que l'on pourrait être tenté de croire, l'optimisation globale numérique n'a pas hérité (du moins pas systématiquement) des facilités des techniques numériques d'optimisation locale. En effet, ces dernières utilisent pour la plupart des directions de descentes (conditionnées par des calculs de gradients ou de leurs approximations) comme nous avons vu, ce qui permet de converger naturellement vers un point de minimum local.

Or, justement, l'optimisation globale évite de rester en de tels points. Il lui faudrait, au contraire, en échapper. C'est pourquoi beaucoup d'approches ont été utilisées dans la tentative de résoudre le problème. Il s'agit, de trouver un état de minimum et de ne s'arrêter que s'il est le meilleur (l'optimum global).

Pour illustration de cette diversité, nous citons dans la suite les méthodes les plus utilisées d'entre elles ainsi que les différents principes sur lesquels elles se basent.

En dépit de l'abondance des méthodes proposées, nous pouvons leur trouver des traits caractéristiques suivant leurs approches.

Ainsi nous donnons la classification suivante : On distingue deux types d'approches selon qu'elles incluent ou non des processus probabilistes : Les méthodes déterministes et les méthodes non-déterministes.

Les méthodes déterministes

Les méthodes ont tout d'abord été introduites pour résoudre de manière exacte des problèmes particuliers comme par exemple les problèmes continus et linéaires sous contraintes linéaires (algorithme du simplexe de Dantzig) ; ces méthodes ont aussi été élargies aux cas discrets et mixtes mais uniquement dans le cas linéaire.

La principale qualité des méthodes globales déterministes est qu'elles ne nécessitent pas de point de départ.

Ces méthodes permettent de bien gérer les contraintes, contrairement aux méthodes stochastiques et peuvent s'appliquer aux problèmes mixtes (variables réelles, entières et de catégories).

Elles garantissent l'obtention de la solution globale du problème. Cependant, il faut savoir que les méthodes déterministes globales restent utilisables tant que le nombre de variables ne devient pas trop important.

Au-delà d'une vingtaine de variables, elles atteignent leurs limites. Ces méthodes permettent d'obtenir, à la convergence, la solution exacte du problème d'optimisation considéré avec une garantie absolue : en utilisant l'arithmétique d'intervalles arrondie telle qu'elle a été dénie par [20]. Aucune erreur numérique insidieuse ne peut écarter de tels algorithmes de la solution optimale, il sera dans le pire des cas seulement ralenti. Ces algorithmes sont appelés : algorithmes de Branch-and-Bound par intervalles. Les plus intéressantes d'entre elles sont :

1. Méthodes à Recherche par Quadrillage (Grid Search Methods)
2. Méthodes des Trajectoires (Trajectory Methods)
3. Méthodes de séparation-évaluation (Branch-and-Bound).

Les méthodes évolutionnaires et les méthodes non déterministes

Ces méthodes non-déterministes font appel à des tirages de nombres aléatoires. Elles permettent d'explorer l'espace de recherche plus efficacement. Dans la suite on s'intéressera plus particulièrement aux méta heuristiques. Le mot métaheuristique est dérivé de la composition de deux mots grecs :

1. heuristique qui vient du verbe heuriskein (euriskein) et qui signifie trouver ;
2. méta qui est un su-xe signifiant au-delà, dans un niveau supérieur. Les premières métaheuristiques datent des années 1980.

Elles sont utilisées généralement quand les méthodes classiques échouent. Le terme métaheuristique est utilisé par opposition aux heuristiques. En effet, les métaheuristiques peuvent être utilisées pour plusieurs types de problèmes, tandis qu'une heuristique est adaptée à un problème donné.

Les métaheuristiques ont comme caractéristiques communes de part leurs caractères stochastiques, c.à.d. qu'une partie de la recherche est conduite de façon aléatoire, elles sont inspirées d'analogies avec la réalité : physique (recuit simulé...), biologie (algorithmes évolutionnaires, recherche taboue, ...) ou éthologie (colonies de fourmis, ...).

En plus de cette base stochastique, les métaheuristiques sont généralement itératives, c.-à-d. qu'un même schéma de recherche est appliqué plusieurs fois au cours de l'optimisation, et directes, c.-à-d. qu'elles n'utilisent pas l'information du gradient de la fonction objective.

Elles tirent en particulier leur intérêt de leur capacité à éviter les optima locaux, soit en acceptant une dégradation de la fonction objective au cours de leur progression, soit en utilisant une population de points comme méthode de recherche.

Du fait du foisonnement de la recherche dans ce domaine, un grand nombre de méthodes de ce type existent [11].

2.4 Généralités sur les métaheuristiques

Les métaheuristiques sont des heuristiques modernes dédiées à la résolution d'une palette large de problèmes et plus particulièrement les problèmes d'optimisation réputés difficiles pour lesquels il n'existe pas de méthode classique efficace, les métaheuristiques visent à atteindre un optimum global généralement enfoui au milieu de nombreux optima locaux. Elles fournissent des solutions de bonne qualité en un temps raisonnable.

En général, les métaheuristique sont des algorithmes stochastiques itératifs, qui progressent vers un optimum global en évaluant une certaine fonction objective. Les métaheuristiques connaissent un intérêt croissant justifié par le développement des machines avec des capacités calculatoires énormes [3].

2.4.1 Définitions

En littérature nous trouvons plusieurs définitions qui tentent d'expliquer clairement la notion de métaheuristique, aucune de ces définitions n'est universellement reconnue, citons parmi elles :

Définition 1 : Un processus itératif qui subordonne et qui guide une heuristique, en combinant intelligemment plusieurs concepts pour explorer et exploiter tout l'espace de recherche. Des stratégies d'apprentissage sont utilisées pour structurer l'information an de trouver efficacement des solutions optimales, ou presque optimales [9].

Définition 2: Les métaheuristiques sont généralement des algorithmes stochastiques itératifs, qui progressent vers un optimum global, c'est-à-dire l'extremum global d'une fonction objectif [5].

Definition 3: A metaheuristic is formally deneed as an iterative generation process which guides a subordinate heuristic by combining intelligently different concepts for exploring and exploiting the search space, learning strategies are used to structure information in order to and efficiently near-optimal solutions [12].

2.4.2 Type des metaheuristiques

Métaheuristique à voisinage

Les métaheuristiques les plus classiques sont ceux fondés sur la notion de voisinage. Elles partent d'une solution initiale obtenue de façon exacte, ou par tirage aléatoire et s'en éloignent progressivement sur l'espace de recherche local voisin à chaque itération puis la comparent aux optimums. L'identification de la notion de voisinage est nécessaire. Les métaheuristiques plus connues dans cette classe sont le recuit simulé et la recherche de tabous [3].

Métaheuristique à population

La famille des métaheuristiques utilisant la notion de population manipulent un ensemble de solutions en parallèle. Parmi les algorithmes inclus dans cette classe on peut citer les algorithmes génétiques et les algorithmes de colonie de fourmis [3].

Métaheuristique à méthodes implicites

Lors de l'utilisation des méthodes implicites, la distribution de probabilité n'est pas connue ou n'est pas utilisée ; le choix de la solution initiale ainsi que le modèle de diversification entre deux itérations ne suit pas une loi donnée, il est soumis à l'aléatoire [3].

Métaheuristique à méthodes explicites

Les métaheuristicues à méthodes explicites utilisent une distribution de probabilité choisie à chaque itération. C'est le cas des algorithmes à estimation de distribution, comme leur nom l'indique, estiment à chacune de leur itération et via une distribution de probabilité l'espace de recherche local optimal [3].

2.4.3 Classification des métaheuristicues

Il existe plusieurs façons de classer et de décrire les algorithmes de métaheuristicues, plusieurs classifications sont possibles [1].

Inspirées de la nature

Intuitivement nous pouvons classer les métaheuristicues en séparant celles qui sont inspirées d'un phénomène naturel, de celles qui ne le sont pas. Les algorithmes génétiques et les algorithmes de colonies de fourmis sont inspirés de la nature [18].

Non inspirées de la nature

L'algorithme de Recherche Tabou et l'algorithme de Recherche Locale Itérative sont non inspirés de la nature.

Mais certains chercheurs, notamment [1], trouvent que cette classification n'est pas significative pour les raisons suivantes :

1. De nombreux algorithmes hybrides récents ne correspondent pas à ces deux classes (les deux classes en même temps).
2. La difficulté de classer une méthode dans certains cas, par exemple, l'utilisation de la mémoire dans la recherche tabou n'est pas inspirée de la nature.

Basées sur la population des solutions

Les métaheuristicues à une population de solutions qui va inclure les Algorithmes Evolutionnaires, Recherche par Dispersion, Optimisation par Essaim Particulaires.

Basées sur la solution unique

Les métaheuristicues à solution unique où on trouve Recherche Locale, Recherche Tabou, Recuit Simulé.

Fonction objectif dynamique vs une fonction objectif statique

Soit un problème d'optimisation consistant à minimiser une fonction sur un espace de solutions, nous pouvons adapter une autre manière de classification où les méthodes qui agissent directement sur sont appelées statiques, tandis que les autres méthodes sont appelées dynamiques.

Utilisation de mémoire à long terme vs mémoire à court terme

Nous pouvons aussi utiliser la caractéristique de l'utilisation de l'historique pour la classification des métaheuristique, les algorithmes sans mémoire sont des processus markoviens puisque l'action à réaliser est totalement déterminée par la situation courante et c'est une accumulation de paramètres de synthèse sur la recherche, ils sont appelés métaheuristiques à mémoire à court terme. L'autre classe concerne les méta-heuristiques à mémoire à long terme et conservent une trace de mouvements récemment effectués, des solutions visitées ou en générale des décisions prises [3].

2.5 Les Algorithmes Métaheuristiques Bio-Inspirés

Aujourd'hui, un ahurissant succès est mérité grâce à la modélisation de l'intelligence biologique aboutissant en ce que nous appelons « les algorithmes méta-heuristiques bio-inspirés » qui ont démontré leurs forces face aux différents problèmes complexes en cherchant toujours à trouver la solution optimale à partir d'un nombre ni de solutions existantes.

Ces algorithmes comprennent les réseaux de neurones artificiels, les calculs évolutionnaires, l'intelligence collective, les systèmes immunitaires artificiels et les systèmes d'organes humains.

Ils fournissent des résultats de haute performance dans les études expérimentales, et peuvent souvent être appliqués sans beaucoup de connaissances sur le problème, ce qui les rend très appropriés pour diverses circonstances.

En contrepartie, il est souvent difficile de comprendre pourquoi ils sont performants dans un contexte particulier [2].

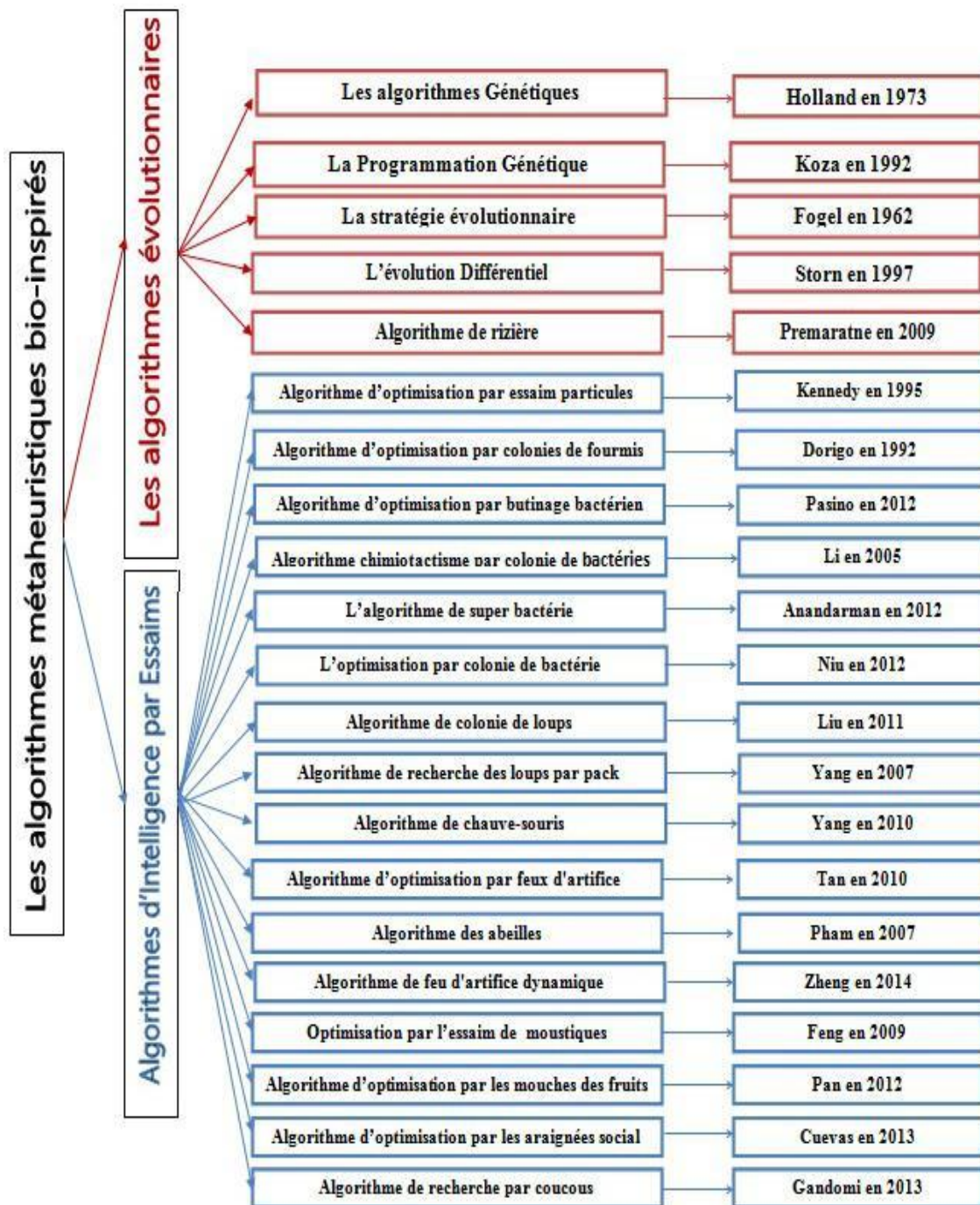


Figure 2.1 Taxonomie des algorithmes méta-heuristiques bio-inspirés [2].

2.5.1 Le bio-mimétisme

La nature est une source puissante d'inspiration pour les prospecteurs puisqu'elle fournit des phénomènes extrêmement divers, dynamiques, robustes, complexes et fascinants. Elle trouve toujours une solution pour résoudre ses problèmes, et maintenir l'équilibre parfait entre ses

composants. Les êtres vivants ont réussi à survivre sur la terre au cours des quatre derniers milliards d'années. La principale raison pour un tel succès est certainement leur capacité de s'adapter à l'évolution des environnements défavorables. Ils possèdent étonnantes facultés à apprendre à partir des situations inconnues, d'adapter leurs comportements et leurs formes aux changements environnementaux, à l'autoreproduction, et à l'auto-réparation. Dans les décennies passées, de nombreux efforts de recherches ont été concentrés dans ce secteur et une nouvelle ère est ouverte avec les algorithmes inspirés de la nature (bio-inspirés).

La bio-inspiration est l'imitation d'un processus biologique comme les métaphores ou les phénomènes naturels pour le développement de nouveaux algorithmes. Ce champ d'étude a tricoté vaguement un ensemble des sous-domaines liés aux thèmes du connexionnisme, le comportement social et l'émergence. Il est souvent étroitement lié au domaine de l'intelligence Artificielle, comme beaucoup de ses activités sont liés à l'apprentissage artificiel.

Les algorithmes bio-inspirés sont avérés significativement plus robustes et adaptables que les algorithmes traditionnels. Les notions de robustesse, d'émergence, d'auto-organisation d'adaptabilité, réactivité et de distribution sont donc sous-jacentes dans ces algorithmes et font même partie de leurs fondements. La première étape dans la construction d'un algorithme bio-inspiré est de construire des composants imitant le comportement de leurs homologues biologiques. Ces composants essaient ensuite d'atteindre l'objectif global déni pour eux [2].

2.5.2 Algorithmes évolutionnaires (AEs)

La théorie d'évolution

Les AEs imitent la métaphore de l'évolution biologique proposée par Darwin en 1860 dans son livre « L'origine des espèces au moyen de la sélection naturelle ou la lutte pour l'existence dans la nature » pour résoudre des problèmes NP- difficiles. Ils ont comme entré une population de solutions initiale qui évoluera d'une génération à une autre suivant un ensemble de règles de reproduction jusqu'à atteindre la solution optimale.

Algorithme génétique

En 1975 J. Holland a élaboré la première version des Algorithmes Génétiques (GA), cette version a été améliorée par D.E. Goldberg en 1989. Ce sont les plus connus des algorithmes évolutionnaires.

En eet J.H. Holland, professeur à l'université du Michigan, a entamé avec ses doctorants, en 1975, un projet de recherche sur les systèmes adaptatifs , leur idée principale était d'imiter et de modéliser les principes de Darwin (sélection, croisement, mutation, chromosome, gènes), ce projet a ni par poser les fondements des algorithmes génétiques et à mettre au point les étapes de l'algorithme et ses principes de codage.

Les algorithmes génétiques n'ont pas été envisagés pour des problèmes réels de grande taille, faute de performance limitée des ordinateurs. David E. ZGoldberg [21] a repris ce travail, qui était

au début très basique, il a amélioré le codage par l'utilisation de représentation du génotype, au début le vecteur utilisé le codage binaire puis le il a utilisé le codage en une chaîne de caractères.

Ces travaux ont été validés par le mathématicien Koza. Même si l'algorithme génétique est théoriquement utilisé pour l'optimisation stochastique, elles peuvent également utiliser et s'adapter à d'autres tâches plus ou moins complexes comme l'apprentissage automatique. De nos jours, les algorithmes génétiques sont arrivés à se faire une place importante dans plusieurs domaines aussi bien académiques qu'industriels[21] .

Les algorithmes génétiques sont inspirés de la génétique classique et utilisent le même vocabulaire. Avant d'entamer le fonctionnement d'un algorithme génétique, nous devons définir le vocabulaire relatif à la génétique utilisé pour décrire un algorithme génétique :

1. **Gène** : c'est une suite de bases azotées qui contiennent le code d'une protéine donnée (adénine (A), cytosine (C), guanine (G) et la thymine (T)). En algorithme génétique, le gène est la suite de symboles qui codent la valeur d'une variable selon un codage (représentation de donnée).
2. **Un chromosome** : est une séquence de gènes d'un nombre ni choisi selon le problème à résoudre.
3. **Individu** : un individu sera représenté généralement par un chromosome et représente une solution potentielle.
4. **Population** : l'ensemble des solutions potentielles (individu).
5. **Génération** : l'ensemble des opérations qui permettent de passer d'une population à un la population. Ces opérations sont : la sélection des individus de la population courante, l'application des opérateurs génétiques, l'évaluation des individus de la nouvelle population.
6. **La tenson fonction d'évaluation** : est la fonction utilisée pour évaluer les individus, elle est la pièce maitresse dans le processus d'optimisation par les algorithmes génétiques, elle permet d'adapter les algorithmes génétiques à un problème donné.

La figure suivante présente d'une manière abstraite le principe et le fonctionnement des algorithmes génétiques.

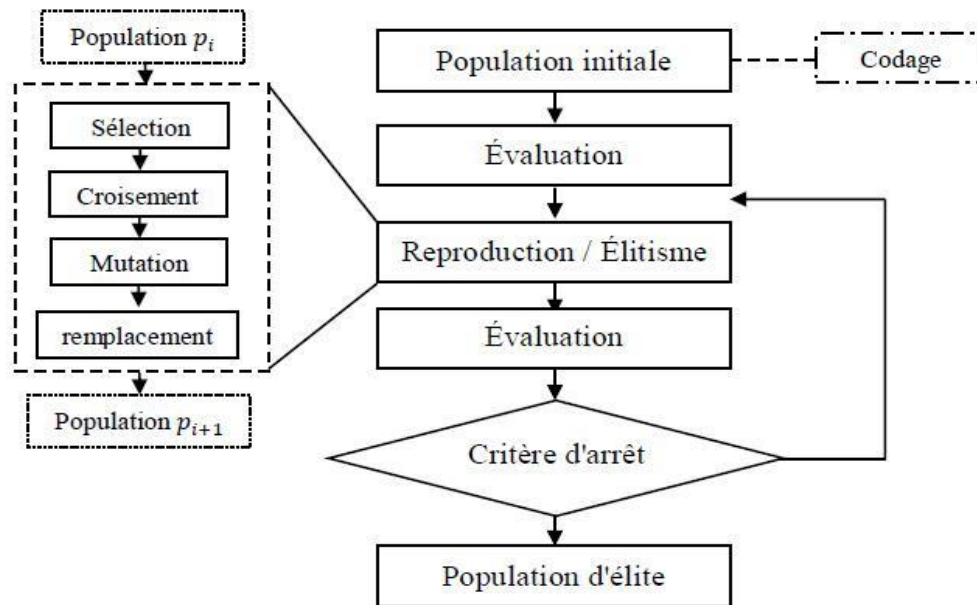


Figure 2.2 Organigramme de l'algorithme [21] .

2.5.3 Algorithmes d'Intelligence par Essaims (AIEs)

L'intelligence en essaim (SI : Swarm Intelligence) est le fruit de plusieurs travaux de modélisation mathématique et informatique des phénomènes biologiques rencontrés en éthologie.

Selon les auteurs (Bonabeau et al., 1999 polycopé) , toute tentative de concevoir des algorithmes ou des dispositifs de résolution des problèmes, distribués, inspirés des comportements collectifs des insectes sociaux ou d'autres sociétés animales entre dans le cadre de l'intelligence en essaim .

Selon Gerardo Beni et Jing Wang, l'intelligence en essaim est le comportement collectif décentralisé, auto-organisé des systèmes naturels ou artificiels.

La source d'inspiration vient souvent de la nature, en particulier les systèmes biologiques, et de l'observation du comportement des insectes sociaux, vu la richesse de leur comportement à travers les interactions et à partir de leur environnement, où les individus sont moins compliqués et plus simples, est le principal motif de cette modélisation. L'ensemble d'algorithmes de l'intelligence en essaim se base sur une population d'agents simples qui interagissent localement les uns avec les autres d'une part et avec leur environnement d'autre part, sans qu'il n'y ait un contrôle centralisé qui guide le comportement des agents individuels, seules les interactions locales entre les agents conduisent à l'émergence d'un comportement collectif global auto-organisé.

Notons que les agents ont une capacité individuelle très limitée, ils peuvent conjointement effectuer un nombre ni de tâches simples nécessaires à leur survie [21] .

Quatre principes gouvernant l'intelligence en essaim :

1. **Le feedback positif** : il permet de renforcer les meilleurs choix dans le système,
2. **Le feedback négatif** : il permet d'ignorer et de supprimer les mauvais choix dans le système,
3. **L'aspect aléatoire** : il permet la bonne exploration de l'espace de solution, d'une manière indépendante de la qualité, favorisant le principe de diversification,
4. **L'interaction multiple** qui permet la construction des meilleures solutions et choix.

Algorithme d'optimisation par essaim de particules (AOEP)

Appelé en anglais Particle Swarm Optimisation (PSO). L'AOEP est un algorithme d'IE stochastique, proposé par le psychologue James Kennedy et l'ingénieur en électricité Russel Elberhart en 1995 dans [18]. Ces deux chercheurs ont utilisé les études de Craig Reynolds sur le comportement social d'un groupe d'oiseaux, à la fin des années 1987 [21].

L'optimisation par essaim de particules repose sur un ensemble d'individus (appelé particules) disposés initialement de façon aléatoire et homogène, et qui se déplacent dans l'hyper-espace de recherche en quête de l'optimum global, où chaque particule est une solution potentielle. Chaque particule est dotée d'une mémoire dans laquelle, il enregistre la meilleure solution visitée par cette dernière, les particules ont la capacité de communication avec les particules voisines selon une structure de voisinage qu'elle adopte. Le déplacement d'une particule est influencé par trois composantes [3].

1. **Une composante physique** : la particule tend à suivre sa direction courante de déplacement,
2. **Une composante cognitive** : la particule tend à se diriger vers le meilleur site par lequel elle est déjà passée,
3. **Une composante sociale** : la particule tend à suivre à l'expérience de ses congénères et, ainsi, à se diriger vers le meilleur site déjà atteint par ses voisins.

Ce comportement social basé sur l'analyse de l'environnement et du voisinage constitue alors une méthode de recherche d'optimum par l'observation des tendances des individus voisins. Chaque individu cherche à optimiser ses chances en suivant une tendance qu'il modère par ses propres vécus. Ainsi, grâce à des règles de déplacement dans l'espace des solutions très simples, les particules peuvent converger progressivement vers un minimum local.

Optimisation par colonies des fourmis AOCF

L'AOCF est introduit par l'italien Marco Dorigo autour des années 1990 durant sa thèse de doctorat sur l'optimisation et les algorithmes naturels [4].

Cet algorithme a été proposé la première fois pour résoudre un problème d'optimisation discrète, et le problème du voyageur de commerce dans [19]. Plusieurs versions de l'AOCF ont été proposées dans la littérature comme l'algorithme de système des fourmis.

L'idée principale de l'AOCF est de modéliser le problème à résoudre sous forme d'un problème de recherche le chemin optimal dans un graphe pondéré et d'utiliser les fourmis artificielles pour trouver les chemins de qualité parmi tous les chemins disponibles.

Processus générale de l'AOCF

L'architecture générale de l'AOCF est exposée dans la figure 2.5.3 et chaque étape de son fonctionnement est détaillée par la suite :

1. **Codage** : L'espace des solutions du problème est représenté sous forme d'un graphe où chaque solution est un chemin.
2. **Création des solutions heuristique** : Cette étape assure la création de N solutions initiales en utilisant des heuristiques basées sur des ressources externes. Elle génère des valeurs pour les arcs qui connectent les nœuds. Initialement, les traces de la phéromone de toutes les pistes du graphe sont initialisées avec des valeurs constantes.
3. **Construction des solutions** : Les fourmis artificielles se déplacent itérativement à travers les nœuds voisins du graphe selon une règle probabiliste qui permet à chaque fourmi de choisir séquentiellement les composants (nœuds) de la solution en utilisant l'intensité de phéromone de chaque piste.
4. **Evaluation** : Chaque solution construite est évaluée en utilisant une fonction de fitness pour déterminer la quantité de phéromone à déposer sur chaque piste.

Mise à jour de la phéromone : Après la construction des solutions complètes les pistes de phéromones sont mises à jour. Cette étape inclut aussi l'évaporation de phéromone (les traces de phéromones sont diminuées) an d'aider les fourmis à oublier les mauvaises solutions qui ont été inculquées auparavant. Les valeurs des traces de phéromone des arcs visités sont augmentées avec des quantités inversées proportionnellement au coût de leurs tournées.

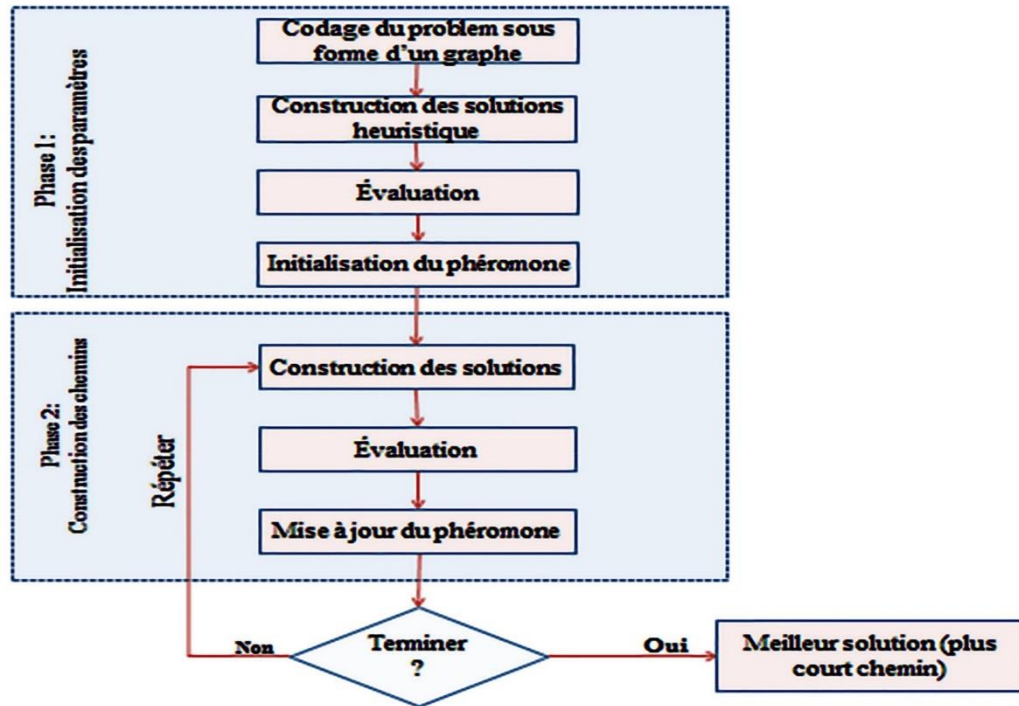


Figure 2.3 Architecture générale de l'AOCF [19].

Algorithme des abeilles (ABs)

Appelé en anglais bees algorithm (BsA), L'ABs a été proposé par Pham et al dans [5]. Cet algorithme imite le comportement de recherche de nourriture par les colonies d'abeille.

L'algorithme réalise une sorte de recherche de voisinage partagé avec une recherche globale. La seule clause pour l'application de l'ABs est que la mesure de distance topologique entre les solutions doit être dénie.

Le processus général de l'ABs :

1. Initialisation de la population avec des solutions aléatoires. Réglage des paramètres comme le nombre d'abeilles scout (n), le nombre de sites choisis (m), le nombre des sites les plus sélectionnés (e), le nombre d'abeilles utilisées pour les meilleurs sites de e (NEP), nombre d'abeilles utilisées pour les autres sites (me) les sites sélectionnés (nsp), et la taille initiale de la pièce (NGH), qui comprend le site et ses environs [5].
2. Évaluer la fonction de fitness de la population.
3. Créer la nouvelle population.

4. Sélectionner les sites pour la recherche du voisinage et les abeilles possédant les valeurs de fonction de fitness les plus élevées sont choisies.
5. Recruter des abeilles pour les sites sélectionnés (plus d'abeilles pour les meilleurs sites s), et calculer la fonction de fitness.
6. Les abeilles avec la valeur de fitness le plus élevé sont sélectionnées pour construire la prochaine population.
7. Attribuer les abeilles restantes pour la recherche aléatoire, et évaluer leur performance.
8. Répéter le processus jusqu'à atteindre un critère d'arrêt.

2.5.4 Algorithme d'optimisation par les araignées sociales (AOAS)

L'algorithme d'optimisation des araignées sociales est basé sur le comportement de soutien des araignées sociales [19]. Le mode de vie des araignées a également servi comme source d'inspiration pour résoudre différents problèmes par exemple pour la détection de contour dans les images ou la construction des réseaux sans.

2.6 Conclusion

Les algorithmes méta-heuristiques bio-inspirés sont une nouvelle révolution dans la science informatique. La portée de ce domaine est vaste puisque par rapport à la nature, les problèmes de l'informatique ne sont qu'un sous-ensemble. Malheureusement, nous devons garder à l'esprit que l'imitation d'un mécanisme biologique n'apporte pas nécessairement un avantage, soit parce que la technologie ne peut pas correspondre à la biologie, soit parce que l'objectif désiré peut être différent de celle des mécanismes biologiques. La pratique correcte du bio-mimétisme exige un effort des scientifiques pour extraire les principes de l'intelligence biologique à partir des données et des théories fournies par des biologistes afin de traduire ces principes vers des algorithmes et des technologies fonctionnelles.

CHAPITRE III

Algorithme d'essaim d'oiseaux pour la résolution du problème d'optimisation de transport du conteneur

3.1 Introduction

Le transport maritime est un mode de transport très important vu le rôle qu'il joue dans le secteur économique, il transporte les marchandises à travers le monde entier, ce qui a permis à ce mode de transport de prendre cette place importante, c'est la conteneurisation ce qui désigne le fait de transporter de la marchandise par conteneur.

Lors de leur arrivée dans un port maritime, les navires restent inactifs à quai pendant toute la durée des opérations de chargement et déchargement. Les opérateurs de manutention du terminal portuaire reçoivent un planning indiquant les dates de chargement et de déchargement des conteneurs, ainsi que leurs emplacements entre la zone de quai vers les zones de stockages.

3.2 Objectif

L'objectif est de trouver les meilleurs groupes afin d'assurer l'opération de déchargement lors de l'arrivée d'un bateau. Les agents qui forment un groupe doivent être en mesure d'assurer le transport des conteneurs. De plus, les agents trouvés doivent être en mesure d'assurer le minimum de mouvements (aller- retour entre quai et zone de déchargement) afin d'effectuer le déchargement en un temps minimal.

3.3 Fonctionnement

Chaque agent a un identifiant, notre but est de trouver les meilleurs agents disponibles afin d'effectuer une opération de déchargement. Un agent peut être soit occupé par un déchargement soit libre, nous sélectionnons donc un groupe d'agents libres.

Par ailleurs, il est possible que le fait de remplacer un agent X qui est occupé par un agent Y qui est libre, puis orienter cet agent X vers une nouvelle opération de déchargement soit bénéfique en termes de coût des mouvements.

Dans le terrain, les groupes sont constitués par 6 agents.

3.4 Bird swarm algorithm(BSA)

De nombreuses espèces d'oiseaux sont grégaires et forment des troupeaux pour différentes raisons. Les troupeaux peuvent avoir des tailles différentes, se produisent dans différentes saisons.

Un nouvel algorithme bio-inspiré, nommé Bird Swarm Algorithm (BSA), est proposé pour résoudre les applications d'optimisation.

La BSA est basée sur l'intelligence des essaims extraite des comportements et d'interaction sociaux dans les essaims d'oiseaux. Les oiseaux ont principalement trois types de comportements : comportement alimentaire, comportement de vigilance et comportement de vol.

Les oiseaux peuvent se nourrir et s'échapper aux prédateurs par les interactions sociales pour obtenir de fortes chances de survie. En modélisant ces comportements sociaux, les interactions sociales et l'intelligence d'essaims connexe, cinq règles simplifiées sont formulées dans BSA [22].

3.4.1 Théorie de l'algorithme d'essaim d'oiseaux

- Chaque oiseau peut basculer entre le comportement de vigilance et le comportement de recherche de nourriture. (règle1)
- Lors de la recherche de nourriture, chaque oiseau peut rapidement enregistrer et mettre à jour sa meilleure expérience antérieure et la meilleure expérience du groupe au sujet de la source alimentaire. (règle2)

- En gardant la vigilance, chaque oiseau essaiera de se déplacer vers le centre de l'essaim. Ce comportement peut être affecté par l'interférence induite par la concurrence entre les essaims. Les oiseaux avec les réserves supérieures seraient plus susceptibles de se rapprocher du centre de l'essaim que ceux des réserves inférieures (règle 3)
- Les oiseaux volent périodiquement vers un autre site. En volant vers un autre site, l'oiseau peut souvent basculer entre la production et le scrounging. L'oiseau avec les réserves les plus élevées serait un producteur, tandis que celui avec les réserves les plus faibles serait un scrounger. D'autres oiseaux avec des réserves entre les réserves les plus hautes et les plus basses choisiraient au hasard d'être producteur ou scrounger (règle 4).
- Les producteurs cherchent activement de la nourriture. Les Scroungers suivraient au hasard un producteur pour la recherche de nourriture (règle 5) [22]

3.4.2 L'organigramme de base de BSA

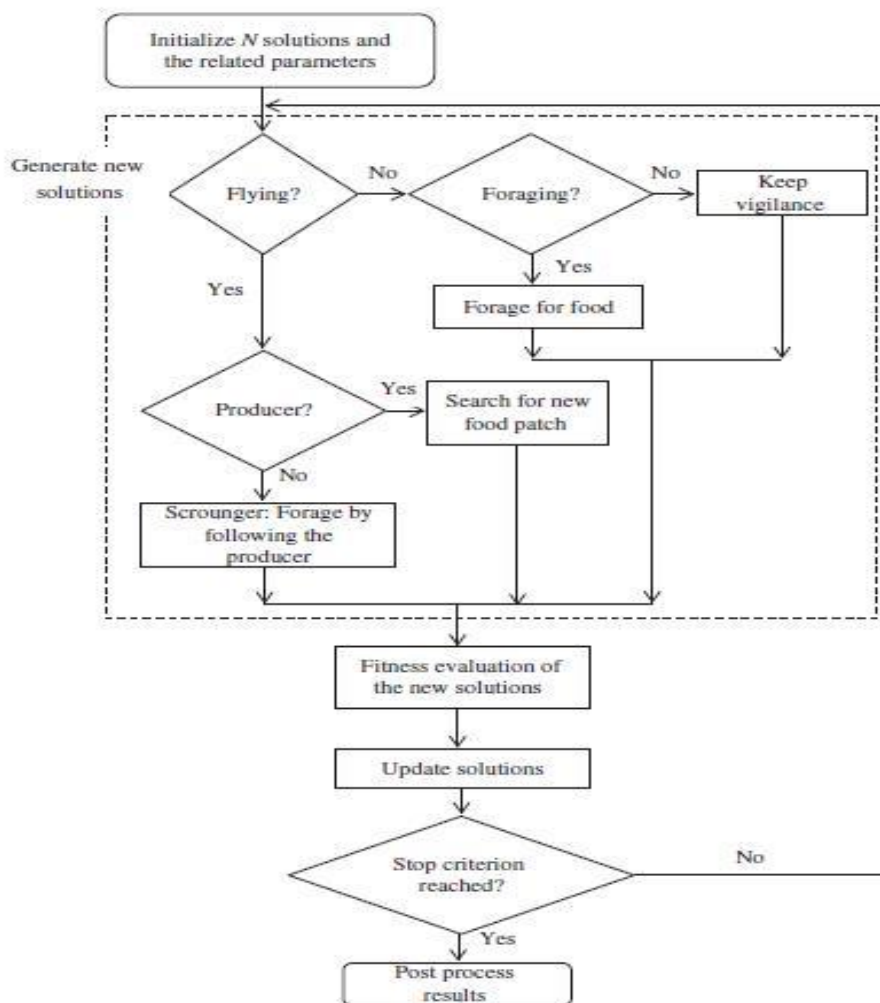


Figure 3.1 L'organigramme de base de BSA [22]

3.4.3 Algorithm Bird swarm

Begin

Input:

N: the number of individuals (birds) contained by the population ;

M: the maximum number of iteration;

FQ: the frequency of bird's fight behaviours;

P: the probability of foraging for food **C, S, a1, a2, FL:** Five constant parameters;

t₁=40 ;

Initialise the population and define the related parameters Evaluate the **N** individual's fitness value, and find the best solution;

While (t,M)

If (t%F Q0)

For $i=1/41: N$

If rand (0, 1),p

Birds forage for food;

Else

Birds keep vigilance;

End if

End for

Else

Divide the swarm into two parts: producers and scroungers;

If is producer

Producing;

Else

Scrounging;

3.5 BSA pour la résolution de problème d'optimisation de transport du conteneur

3.5.1 L'organigramme de l'approche proposée

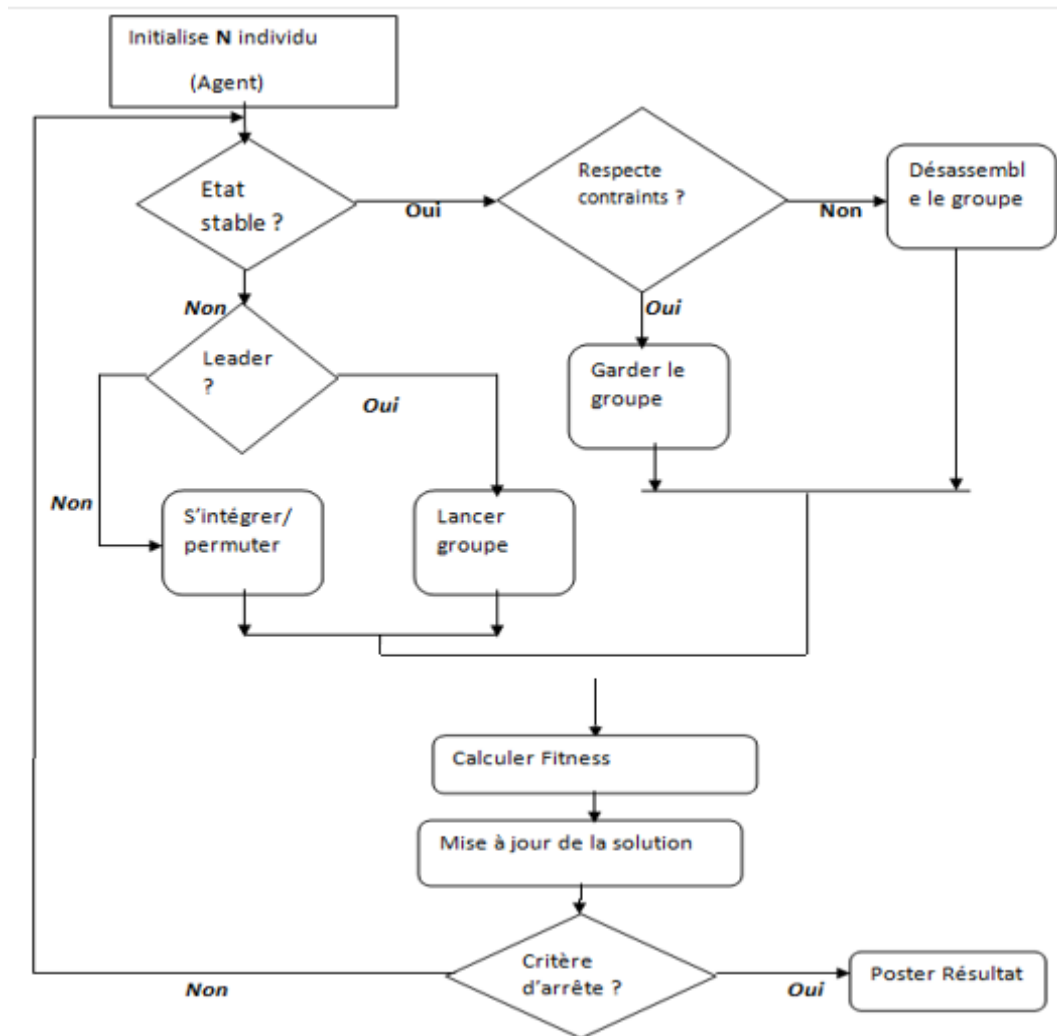


Figure 3.2 L'organigramme de l'approche proposée.

3.5.2 Algorithme de l'approche proposé

Input

NBA : nombre d'individus(Agent) ;

Nbv : nombre des navires ;

K capacité maximal d'un groupe ;

Dis distance entre NBA/Nbv ;

Initialiser

s = 0, **s** le cout de la fonction objectifs ;

p : pénalité d'un groupe ;

Begin

Choisir aléatoirement N/K individus comme leader de groupe ;

Tant que ($c < K$) **faire**

Calculer la distance euclidienne entre les individus et les leaders du groupe ;

Attribuer chaque individu au groupe du leader le plus proche de lui ;

Fin Tant que

D = la distance d'individu ($Nba_1, nba_2, \dots, nba_n$) du point de départ jusque arrivée à destination.

Dmax = distance minimale à respecter les contraintes au sein du même groupe

Si ($D_1 + D_2 + \dots, D_k < D_{max}$)

Valider le groupe ;

Sinon

Désassemble le groupe et répéter le processus

Fin Si ;

Poster le résultat ;

END

3.6 Vue artificiel VS Vue Réelle

Vue artificiel	Vue réelle
Birds : oiseaux	Les individus (Agent/navire)
flying : voler	Représentation des individus libre
Les oiseaux producer : producteur	Les individus sélectionnés aléatoirement comme leaders (chef de groupe).
Les oiseaux scroungers	Permuter ou s'intégrer les individus dans des groupes
Scrounger : chercher la nourriture en suivant le producteur	Chercher l'individu le plus proche sélectionné comme étant leader du groupe au préalable
Foraging : le comportement de recherche de nourriture	Les individus forment des groupes
Keep vigilance	Désassembler le groupe
Forage for food	Garder le groupe final

3.6 Résultat et comparaison

Notre approche consiste à mettre en place un système qui permet de trouver les meilleurs groupes d'agents afin d'assurer l'opération de déchargement en temps réel. Les méthodes classiques opèrent tel que suit :

1. Signaler l'arrivée d'un bateau
2. Trouver un nombre d'agent
3. Vérifier que tous les agents sont libres
4. Valider le groupe

Cette méthode, bien qu'elle satisfait, les contraintes de fonctionnement dans une telle opération ne permet pas de prendre en compte la notion de temps réel. C'est-à-dire que lorsque qu'un groupe est formé, il ne sera plus modifié :

- Si un agent tombe en panne, il ne serait remplacé que par un autre agent libre
- Un groupe n'est formé qu'à partir des agents libres

Notre système traite la problématique autrement, il prend en compte la notion de temps réel en étudiant tous les cas possibles, c'est-à-dire en s'intéressant aussi bien aux agents libres qu'aux agents occupés au moment de former un nouveau groupe. Il est possible de désaffecter un agent libre dans une opération de déchargement afin de l'orienter vers une nouvelle tâche. Aucun travail ne s'est intéressé, dans la littérature, à traiter le problème de cette manière, il n'existe donc aucun benchmark pour effectuer une comparaison avec un autre travail de

recherche. Afin d'éclaircir notre approche nous avons opté décidé de clarifier notre application via une annexe.

3.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons proposé une approche basée sur l'essaim des oiseaux dans le but de résoudre le problème d'optimisation. L'approche adoptée vise à choisir le groupe avec distance minimum entre agent et point destination.

En de bien expliquer notre approche, nous avons d'abord défini son fonctionnement, puis les différents résultats obtenus pour différentes instances.

Conclusion générale

La mondialisation des échanges de marchandises et l'amélioration des modes de transport maritime ont beaucoup modifié le commerce maritime. Le volume des produits transportés a considérablement augmenté, et 90% des marchandises qui circulent dans le monde transitent par voie maritime. Ce qui met en question la gestion des ports compris les opérations de chargement et déchargement des conteneurs.

L'optimisation de l'opération de chargement ou déchargement des conteneurs permet de réduire le temps d'attente des navires et les moyens de transport terrestre et tout ça permet d'avoir une meilleure gestion du port maritime commercial.

Notre travail permet de réaliser une application pour trouver la meilleure optimisation de transport du conteneur via l'algorithme inspiré de la nature Bird swarms (BSA).

Notre mémoire est une synthèse composée de trois chapitres. Le premier a été consacré aux différents modes de transport et le transport maritime de marchandises et aussi la conteneurisation et leurs types. Le deuxième chapitre, quant à lui, nous fait connaître les différentes méthodes d'optimisation avec leurs avantages et inconvénients, et dans le troisième chapitre nous avons présenté notre algorithme choisi dans ce travail.

Ce mémoire a permis de réaliser un certain nombre d'objectif, qui sont :

La réduction du temps et du coût associé au transport maritime de marchandise, qui constitue une préoccupation de plusieurs dirigeants d'entreprises et fait l'objet de plusieurs travaux de recherche. Car, en minimisent le temps de séjour de navires dans le port, nous économisons d'une façon indirecte sur le coût du transport.

La minimisation du nombre de mouvements qui se produisent lors de l'opération de déchargement/déchargement tout en respectant les contraintes de type des conteneurs.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] blum et roli : Metaheuristics in Combinatorial Optimization : Overview and Conceptual comparison, CHRISTIAN BLUM Université Libre de Bruxelles, 2003.
- [2] BOUARARA Hadj Ahmed : Les méta-heuristiques et les techniques bio-inspirées dans la recherche d'information dans le web social, Laboratoire de Gestion des Connaissances et des Données Complexes (GeCoDe) Université de Dr Taher Mou-lay, Saida, 2017.
- [3] Boudia mohamed amine : Optimisation, intégration des données et découverte de connaissances à partir des données du web, methaheuristique, saida, 2017.
- [4] Denis Diderot. Dictionnaire raisonné des sciences des arts et des métiers.1751-1772.
- [5] DT PHAM et al. « Application of the bee's algorithm to the selection features for manufacturing data ». In: 3rd International Virtual Conference on Intelligent Production Machines and Systems (IPROMS 2007).Whittles, Dunbeath, Scotland. 2007.
- [6] EBEDE Éric. Cours d'initiation à la logistique. 2011.
- [7] Georges Valère d'ALMEIDA. Gestion des terminaux à conteneurs au port de cotonou, benin. 2009.
- [8] Hanaa Hachimi:Hybridations des algorithmes metaheuristiques en optimisation globale et leurs applications, PhD thesis, Ecole Mohammadia d'ingénieurs (Rabat, Maroc), 2013.
- [9] Ibrahim H.OSMAN: Metaheuristics a General Framework, School of Business and Center for Advanced Mathematical Sciences, American University of Beirut
- [10] I.E. Lagaris, I. G. Tsoulos: Stopping rules for box-constrained stochastic global optimization, Applied Mathematics and Computation19:622–632, 2008.
- [11] I. G. Tsoulos: Modications of real code genetic algorithm for global optimiza-tion, Applied Mathematics and Computation, 2008.
- [12] I.H.Osman and G.Laporte: Metaheuristics a bibliography, Annals of Operations Research 63, 513-623, 1996.
- [13] Les navires de commerce : généralités. http://www.lantenne.com/ Les-navires-de-commerce-generalites_a26054.html. Accessed : 2017-05-15.
- [14] Les porte-conteneurs : les rois des mers. http://www.lantenne.com/ Les-porte-conteneurs-les-rois-des-mers_a14033.html. Acces-sed : 2017-05-15.
- [15] L. Liu, G. Wang: Designing super-resolution optical pupillter with constrained global optimization algorithm, Optik, 119:481–484, 2008.
- [16] Martine Massabie-François and Élisabeth Poulain. Lexique du commerce international. Editions Bréal, 2002.
- [17] Q. Yuan, Z. He and H. Leng: A hybrid genetic algorithm for a class of global optimization problems with box constraints, Applied Mathematics and Computation, 2008.
- [18] Russ C EBERHART, James KENNEDY et al. « A new optimizer using particle swarm theory ». In: Proceedings of the sixth international symposium on micro machine and human science. T. 1. New York, NY. 1995, p. 39–43.
- [19] Pierre-Louis Roy. L'Aiguille du Midi et l'invention du téléphérique. 2004.
- [20] R. Moore: Interval analysis,Prentice Hall, NJ, 1966
- [21] Goldberg D E: Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning, (1989).

[22] Xian-Bing Meng, X.Z. Gao, Lihua Lu, Yu Liu and Hengzhen Zhang (2015): A new bio-inspired optimisation algorithm, Bird Swarm Algorithm, Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence.

ANNEXE

Nous présentons dans ce qui suit quelques captures d'écran du fonctionnement du système mis en place :

The screenshot shows the main interface of the MTE application. At the top, there is a menu bar with options: Context, Calculer les Groupes, Désassembler Groupe, and Agent En panne. Below the menu, there are two buttons: 'Charger Contexte' and 'Save contexte'. To the right of these buttons are several dropdown menus for configuration: 'NB Navires: 1', 'NB Agents: 1', 'Type Navire: 40', 'Nb Agents/Groupe: 5', 'Nb Itér: 100', and 'Pinalité: 5'. A 'Généérer Agents' button is located on the far right of this configuration row.

The interface is divided into two main sections, each with a title and a table:

Distance Navires-Agents

Titre 1	Titre 2	Titre 3	Titre 4

Types Agents

Titre 1	Titre 2	Titre 3	Titre 4

Interface principale de notre application.

Charger/Save
fichier TXT

Nombre
Agent/navire

Capacité
d'un groupe

Nombre
d'itération

Valeur de
pénalité

The screenshot shows the MTE application interface. At the top, there are several control elements: a menu bar with 'Context', 'Calculer les Groupes', 'Désassembler Groupe', and 'Agent En panne'; a toolbar with 'Charger Contexte' and 'Save contexte' buttons; and a configuration panel with dropdown menus for 'NB Navires: 3', 'NB Agents: 21', 'Type Navire: 40', 'Nb Agents/Groupe: 5', 'Nb Itér: 100', and 'Pinalité: 5', along with a 'Généraler Agents' button. Below this are two tables: 'Distance Navires-Agents' and 'Types Agents'. Red arrows point from the external text boxes to the 'Charger Contexte' button, the 'NB Navires' dropdown, the 'Nb Agents/Groupe' dropdown, the 'Nb Itér' dropdown, and the 'Pinalité' dropdown.

Agent 1	Agent 2	Agent 3	Agent 4	Agent 5	Agent 6	Agent 7	Agent 8	Agent 9	Agent 10	Agent 11	Agent 12	Agent 13	Agent 14	Agent 15	Agent 16	Agent 17	Agent 18	Agent 19	Agent 20	Agent 21
2	2	5	8	3	1	7	4	2	5	1	9	2	4	3	2	4	7	4	5	9
6	2	1	4	7	8	9	6	5	3	2	4	5	8	7	9	5	2	7	2	3
1	5	5	2	6	6	5	2	3	3	5	5	5	4	6	7	8	9	7	1	6

Agent 1	Agent 2	Agent 3	Agent 4	Agent 5	Agent 6	Agent 7	Agent 8	Agent 9	Agent 10	Agent 11	Agent 12	Agent 13	Agent 14	Agent 15	Agent 16	Agent 17	Agent 18	Agent 19	Agent 20	Agent 21
40	40	60	40	60	40	60	40	40	40	60	60	60	60	60	60	40	40	60	60	

Quelques fonctionnalités de l'application

Les différents fonctionnalité

Nous présentons dans ce qui suit quelques opérations que notre système prend en charge

Opération 1 : Calcul des groupes

Traitement

Quel est la position du navire ?

Leader du groupe aléatoire

Résultat

MTE

Context Calculer les Groupes Désassembler Groupe Agent En panne

Calculer Fitness pour Navire 1

Initialisation des Agents

ags 14 ID:14 Distance:[3, 7, 0] ,NumGroup:-1 ,Type:60
ags 15 ID:15 Distance:[2, 9, 7] ,NumGroup:-1 ,Type:60
ags 16 ID:16 Distance:[4, 5, 8] ,NumGroup:-1 ,Type:60
ags 17 ID:17 Distance:[7, 2, 9] ,NumGroup:17 ,Type:40
ags 18 ID:18 Distance:[4, 7, 7] ,NumGroup:-1 ,Type:40
ags 19 ID:19 Distance:[5, 2, 1] ,NumGroup:-1 ,Type:60
ags 20 ID:20 Distance:[9, 3, 6] ,NumGroup:-1 ,Type:60
Groupes 0 IdLeader:8 ,IDsAgents:[8]
Groupes 1 IdLeader:17 ,IDsAgents:[17]
Groupes 2 IdLeader:12 ,IDsAgents:[12]

Groupes et affectation des Agents

ags 11 ID:11 Distance:[9, 4, 5] ,NumGroup:17 ,Type:60
ags 12 ID:12 Distance:[2, 5, 5] ,NumGroup:12 ,Type:60
ags 13 ID:3 Distance:[8, 4, 2] ,NumGroup:17 ,Type:40
ags 14 ID:14 Distance:[3, 7, 6] ,NumGroup:-1 ,Type:60
ags 15 ID:15 Distance:[2, 9, 7] ,NumGroup:-1 ,Type:60
ags 16 ID:16 Distance:[4, 5, 8] ,NumGroup:-1 ,Type:60
ags 17 ID:17 Distance:[7, 2, 9] ,NumGroup:17 ,Type:40
ags 18 ID:18 Distance:[4, 7, 7] ,NumGroup:-1 ,Type:40
ags 19 ID:19 Distance:[5, 2, 1] ,NumGroup:-1 ,Type:60
ags 20 ID:20 Distance:[9, 3, 6] ,NumGroup:-1 ,Type:60
Groupes 0 IdLeader:8 ,IDsAgents:[8, 0, 7, 9]
Groupes 1 IdLeader:17 ,IDsAgents:[17, 2, 6, 11, 3]
Groupes 2 IdLeader:12 ,IDsAgents:[12, 1, 4, 5, 10]

Opération 2 : désassembler groupe (fin du dechargement) / recalculer groupe (arrivée d'un navire)

Création des groupes

Désassembler groupe

Choix de groupe

The screenshot shows the MTE software interface. The menu bar includes 'Context', 'Calculer les Groupes', 'Désassembler Groupe', and 'Agent En panne'. Below the menu bar, there are buttons for 'Désassembler Groupe' and 'Recalculer Groupes'. The main area is divided into three sections: 'Avant désassemblage', 'Après désassemblage', and 'Nouveaux Groupes'. A dropdown menu is open over the 'Désassembler Groupe' button, showing options 1, 2, and 3. Red arrows point from the callout boxes to these elements: 'Création des groupes' points to the 'Désassembler Groupe' button; 'Désassembler groupe' points to the dropdown menu; 'Choix de groupe' points to the selected option '1'; 'Nouveaux groupe' points to the 'Nouveaux Groupes' section; and 'Groupe désassemblera' points to the 'Groups 1' entry in the 'Après désassemblage' section.

Nouveaux groupe

Groupe désassemblera

Opération 3 : Agent en panne

Si pose que l'agent numéro 9 de groupe 1 est en panne alors : après, application de la fonction adéquate, on aura le changement de l'agent 9 par l'agent 14

En panne

Sélectionner le numéro de groupe

Sélectionner le numéro d'agent en

MTE

Context Calculer les Groupes Désassembler Groupe Agent En panne

En panne N° Groupe 1 N° Agent 7

Avant la panne

```
ags 11 ID:11 Distance:[5, 4, 5] ,NumGroup:17 ,Type:60
ags 12 ID:12 Distance:[2, 5, 5] ,NumGroup:12 ,Type:60
ags 13 ID:3 Distance:[8, 4, 2] ,NumGroup:17 ,Type:40
ags 14 ID:14 Distance:[3, 7, 6] ,NumGroup:-1 ,Type:60
ags 15 ID:15 Distance:[2, 9, 7] ,NumGroup:-1 ,Type:60
ags 16 ID:16 Distance:[4, 5, 8] ,NumGroup:-1 ,Type:60
ags 17 ID:17 Distance:[7, 2, 9] ,NumGroup:17 ,Type:40
ags 18 ID:18 Distance:[4, 7, 7] ,NumGroup:-1 ,Type:40
ags 19 ID:19 Distance:[5, 2, 1] ,NumGroup:-1 ,Type:60
ags 20 ID:20 Distance:[9, 3, 6] ,NumGroup:-1 ,Type:60
Groupes 0 IdLeader:7 ,IDsAgents:[7, 0, 13, 5, 9]
Groupes 1 IdLeader:17 ,IDsAgents:[17, 2, 6, 11, 3]
Groupes 2 IdLeader:12 ,IDsAgents:[12, 1, 4, 8, 10]
```

Nouveaux Groupes

```
ags 14 ID:15 Distance:[2, 9, 7] ,NumGroup:-1 ,Type:60
ags 15 ID:16 Distance:[4, 5, 8] ,NumGroup:-1 ,Type:60
ags 16 ID:17 Distance:[7, 2, 9] ,NumGroup:17 ,Type:40
ags 17 ID:18 Distance:[4, 7, 7] ,NumGroup:-1 ,Type:40
ags 18 ID:19 Distance:[5, 2, 1] ,NumGroup:-1 ,Type:60
ags 19 ID:20 Distance:[9, 3, 6] ,NumGroup:-1 ,Type:60
Groupes 0 IdLeader:7 ,IDsAgents:[7, 0, 13, 5, 14]
Groupes 1 IdLeader:17 ,IDsAgents:[17, 2, 6, 11, 3]
Groupes 2 IdLeader:12 ,IDsAgents:[12, 1, 4, 8, 10]
```

Avant la panne

Après le panne