

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université A/Mira de Béjaia
Faculté des Sciences Exactes
Département d'Informatique

Memoire de Master Recherche

En

Informatique

Option

Réseaux et Systèmes Distribués

Thème

Algorithmes Bio-inspirés pour L'optimisation du
Routage dans les Réseaux Ad Hoc

Encadré par : Mme.Ait kaci azzou Samira

Présenté par : Cheniguel Lokmane
Drouiche Amina

Examineurs :

Présidente Mme H. El Bouhissi
Examinatrice Mme S. Ghanem

** Remerciements **

Ce travail fut accompli grâce au bon Dieu vers lequel vont toutes les louanges.

Au terme de ce travail, nous aimerions exprimer notre gratitude et nos remerciements à Madame Ait Kaci Azzou Samira de nous avoir encadré afin de réaliser ce travail par sa disponibilité son temps précieux, ses encouragements, ses conseils avisés et sa gentillesse.

Nous tenons, également, à remercier toute personne qui a contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce mémoire.

※ *Dédicaces* ※

Je dédie cet humble travail, A mes chers parents, qui ont toujours été là pour me soutenir et m'encourager.

A mes très chères sœurs,

A mon adorable frère,

A tous les membres de ma famille,

A tous mes chers amis,

A toutes les personnes qui ont participé à la réalisation de ce modeste travail.

Drouiche Amina

Je dédie ce travail, A mes chers parents, qui ont toujours été là pour me soutenir et m'encourager.

A mes frères,

A tous les membres de ma famille,

A tous mes chers amis,

A toutes les personnes qui m'ont soutenue dans la réalisation de ce travail.

Cheniguel Lokmane

Table des matières

Table des matières	i
Table des figures	iii
Liste des tableaux	iv
Liste des algorithmes	v
Introduction générale	1
1 Techniques de Routage	3
1.1 Introduction	3
1.2 Paramètres et caractéristiques	3
1.2.1 Modes de Connexions	3
1.2.2 Table de routage	4
1.2.3 Routage statique et dynamique	4
1.2.4 Protocoles de routage	4
1.2.5 Systèmes autonomes	4
1.3 Problème du routage	5
1.4 Algorithmes de routage	5
1.4.1 Routage vecteur de distance	5
1.4.2 Routage état de lien	6
1.5 Routage dans les réseaux mobiles ad-hoc	6
1.5.1 Définition	6
1.5.2 Protocoles de routages dans les Manets	6
1.6 Conclusion	7
2 Méthodes d'optimisation	8
2.1 Introduction	8
2.2 Méthodes exactes	8
2.3 Méthodes approchées	8
2.3.1 Heuristiques	8

2.3.2	Métaheuristiques	9
2.4	Méthodes bio-inspirées	9
2.5	Classification des algorithmes bio-inspirés	9
2.5.1	Algorithmes évolutionnaires	10
2.5.2	Algorithmes basés essaim	11
2.6	Avantages et inconvénients des méthodes bio-inspirées	13
2.7	Conclusion	15
3	La méthode de recherche coucou	16
3.1	Introduction	16
3.2	Comportement du coucou	16
3.3	Le vol de Lévy	17
3.4	Le principe et les étapes de la recherche coucou	17
3.5	L’algorithme de la recherche coucou	18
3.6	Domaines d’application de l’algorithme Coucou	19
3.7	Application de l’algorithme Coucou dans le routage	19
3.8	Conclusion	21
4	Conception d’un protocole de routage AODV en utilisant la méthode de re- cherche coucou	22
4.1	Introduction	22
4.2	Protocole AODV (Ad-hoc On Demand Distance Vector)	22
4.3	Méthode de recherche coucou dans le routage	23
4.4	Description de l’approche	23
4.4.1	Détection de la topologie	23
4.4.2	Application de la méthode de recherche Coucou	24
4.4.3	Vol de Lévy	24
4.5	Conclusion	25
	Conclusion et perspectives	27
	Bibliographie	28

Table des figures

2.1	Classification d'algorithmes bio-inspirés	9
2.2	Mécanisme de croisement	10
2.3	Mécanisme de mutation	11
2.4	Déplacement d'une particule	11
2.5	Détermination du plus court chemin par une colonie de fourmis	12
2.6	Danse d'une abeille ouvrière	13
3.1	Organigramme de l'algorithme de la recherche coucou	18

Liste des tableaux

2.1	Tableau récapitulatif des solutions	14
-----	---	----

Liste des algorithmes

1	Algorithme de la recherche coucou	19
2	Algorithme de création de la matrice d'adjacence	24
3	Algorithme modifié de la recherche coucou	25
4	Algorithme Vol de Lévy	25
5	Algorithme Validation des routes	26

Introduction générale

On assiste ces dernières années à une importante évolution dans la société de l'information, conduite par la commercialisation et l'émergence des appareils de communications, peu coûteux et largement disponibles (les téléphones, les ordinateurs portables, etc.) ainsi que l'évolution des réseaux fixes et mobiles.

De nos jours, l'échange de l'information à tout moment a engendré le besoin à plus de mobilité ce qui a rendu très répandu la notion des réseaux sans infrastructure, ou réseaux Ad Hoc. Cela a ouvert de vastes possibilités aux chercheurs pour travailler dans ce domaine.

Un réseau Ad Hoc (Manet) est une collection d'entités mobiles qui se met en place selon le besoin, interconnectées par une technologie sans fil, formant un réseau temporaire sans l'aide de toute administration (s'auto-organise) centralisée ou de support fixe (aucune infrastructure).

L'immense intérêt porté par la communauté de recherche concernant ces réseaux, se justifie par l'avenir glorieux et le succès auquel ces derniers sont promis. En effet, plusieurs domaines d'applications leurs sont déjà favorables (allant du domaine militaire, de catastrophe naturelle ou à un simple partage d'Internet dans une maison). Leur plus gros avantage revient à leur facilité, simplicité et rapidité de déploiement ainsi qu'à leur coût faible, mais aussi et surtout à leur autonomie et mobilité. Aujourd'hui encore, pour pouvoir profiter pleinement de ces réseaux, il faut résoudre un certain nombre de problèmes (qualité de service, sécurité etc.).

Le problème majeur dans les réseaux ad hoc est le routage. Celui-ci consiste à assurer une stratégie qui garantit, à n'importe quel moment, la connexion entre n'importe quelle paire de nœuds appartenant au réseau, et comment déterminer des routes valides depuis une source vers une destination bien précise. Malgré ces difficultés, un nombre important de protocoles de routage ont été développés. Ces derniers peuvent se classer en trois catégories, les protocoles Proactif, Réactif et Hybrides. Un protocole de routage est responsable de la tâche de construction et d'entretien de chemins entre sources et destinations de données, tout en optimisant les performances du réseau. Cette tâche est particulièrement compliquée dans les MANETs à cause de leurs caractéristiques particulières. De ce fait, les protocoles de routage traditionnels conçus avec les hypothèses d'une topologie fixe et d'un médium de communication stable ne sont plus adaptés au contexte des MANETs.

Les chercheurs se sont alors inspirés de la nature et ont conclu que les protocoles de routage bio-inspirés, plus précisément ceux inspirés de l'intelligence en essaims (ACO, PSO...) sont plus

prometteurs pour l'optimisation du routage dans les MANETs en raison de leur capacité d'auto-organisation et d'auto adaptation, de leur mobilité, de leur nature décentralisé et aussi de leur simplicité de mise en œuvre [11, 12, 13].

Notre travail consiste à développer une approche pour l'optimisation du protocole de routage AODV, en utilisant une méthode bio inspirée à savoir la méthode Coucou. Pour cela notre mémoire est organisé comme suit :

- Chapitre 1 : Techniques de routage. Dans ce chapitre nous rappelons brièvement les différentes approches de routage.
- Chapitre 2 : Méthodes d'optimisation. Nous abordons dans ce chapitre, les différentes méthodes bio-inspirées existantes et leurs utilisations dans le routage avec une étude comparative.
- Chapitre 3 :Methode de recherche Coucou. Dans ce chapitre, on donne une étude détaillée sur la méthode de recherche coucou .
- Chapitre 4 : Conception . Dans cette partie du manuscrit, nous détaillerons notre approche à savoir l'optimisation du protocole Aodv par la méthode coucou.

Nous clôturons le manuscrit par une conclusion générale et des perspectives.

Techniques de Routage

1.1 Introduction

Le routage est le processus par lequel un chemin est déterminé pour acheminer les données dans un réseau d'un expéditeur à une ou plusieurs destinations. Il est utilisé dans différents types de réseaux comme les réseaux téléphoniques, les réseaux de transports ou les réseaux de données électroniques comme Internet [1].

Le routage est une méthode exécutée dans de nombreux réseaux, à travers laquelle on fait transiter une information donnée depuis un certain émetteur vers un destinataire bien précis, à n'importe quel moment. Le routage est, donc, la composante de base de la gestion des réseaux (téléphoniques, électroniques ...). Il constitue un sérieux problème à résoudre pour que ces réseaux puissent fonctionner dans de bonnes conditions.

1.2 Paramètres et caractéristiques

1.2.1 Modes de Connexions

Selon la manière dont les paquets seront transmis dans le réseau, la communication peut être établie de deux manières[2] :

1.2.1.1 Mode connecté

Un chemin virtuel (circuit virtuel) est assuré pendant la transmission des paquets (tous les paquets suivent le même chemin) et les paquets sont envoyés et reçus par ordre, donc une politique d'acquittement et de retransmission est mis en œuvre (contrôle de flux), la fin de transmission implique la destruction du circuit (réseau téléphonique).

1.2.1.2 Mode non connecté

Aucun chemin préalable n'est exigé pour effectuer la transmission (on n'a pas de chemin fixe), chaque paquet est traité comme une entité individuelle et comprend l'adresse du destinataire finale, la communication n'est pas fiable car les machines ne sont pas synchroniser entre elles (système postale).

1.2.2 Table de routage

La table de routage est l'index qui permet de déterminer l'acheminement des paquets circulant dans le réseau, elle contient les informations pour transférer un paquet via le meilleur chemin vers sa destination.

1.2.3 Routage statique et dynamique

Selon la procédure de création et de mis à jour de la table de routage :

1.2.3.1 Routage statique

Dans le routage statique, la table de routage est composée lors de la création du réseau par son administrateur, ce dernier assure aussi la mise à jour de l'ensemble d'informations dans la table. Cependant le coût s'avère lourd sur les administrateurs si le réseau fait preuve de grande mobilité.

1.2.3.2 Routage dynamique

Dans le routage dynamique, la table de routage est gérée par les nœuds du réseau en utilisant un algorithme commun, ce dernier garantie que les routes sont optimales et gère les nouveaux nœuds d'une façon automatique (adaptif).

1.2.4 Protocoles de routage

Un protocole de routage spécifie comment les nœuds communiquent entre eux, distribuant des informations qui leur permettent de sélectionner des routes entre deux nœuds sur un réseau informatique.

1.2.5 Systèmes autonomes

Ensemble de réseaux sous la même autorité administrative (groupe de travail). Au sein d'un système autonome, les routes sont générées par des protocoles de routage intérieurs (RIP,

IGRP, ...). Les protocoles de routage qui permettent de connecter les systèmes autonomes entre eux sont des protocoles de routage extérieurs comme EGP ou BGP.

1.3 Problème du routage

Pour que les différentes entités d'un réseau puissent interagir, les chemins qui les relient doivent être connus, ces chemins sont stockés dans la table de routage. Chaque processus a pour objectif de calculer la table de routage du nœud sur lequel il se trouve et pour effectuer ce calcul les processus doivent communiquer entre eux. Dans les réseaux de grande taille, l'existence de tables de routage aussi volumineuses a un impact majoritaire sur les coûts de mise à jour, autrement dit sur la charge du réseau. En effet chaque changement dans la topologie du réseau risque de modifier une ou plusieurs routes et donc implique la mise à jour de ces dernières.

Il y a une difficulté dans le choix du critère pour la détermination des chemins optimaux et l'hétérogénéité des stations et leur mobilité imprévisible pose un autre défi dans la maintenance des routes dans un réseau avec des ressources limitées.

1.4 Algorithmes de routage

Utilisé pour le calcul des chemins optimaux, la constitution des tables de routage, les algorithmes de routage doivent être couplés à un protocole de routage pour que l'échange de l'information dans le réseau soit facile ainsi que la compréhension des messages échangés pour le calcul du chemin [2].

1.4.1 Routage vecteur de distance

L'approche vecteur de distance aussi connue sous le nom de Bellman-Ford distribué est historiquement l'approche de routage la plus ancienne. Le calcul du plus court chemin vers une destination donnée avec l'algorithme de Bellman-Ford nécessite que chaque nœud connaisse la distance le séparant de chacun de ses voisins aussi que la distance entre chacun de ses voisins et la destination en question. Afin de distribuer ces informations dans le réseau, un protocole vecteur de distance fonctionne comme suit [2] :

- Chaque nœud maintient une table de routage où sont stockés pour chaque destination possible le saut prochain avec la meilleure distance connue.
- Périodiquement, chaque nœud échange avec ses voisins directs un VD (Vecteur de Distance) qu'il extrait à partir de sa table de routage (le VD contient seulement les champs destination et distance).
- A la réception d'un VD, le nœud courant procède à la mise à jour de sa table de routage.

1.4.2 Routage état de lien

L'idée du routage état de lien trouve son origine dans l'algorithme de plus court chemin, pour qu'un nœud peut exécuter l'algorithme de Dijkstra il doit avoir une vision globale sur la topologie du réseau. Les informations topologiques à acquérir sont de la forme : quel lien relie quelle paire de nœud et à quel coût ? Aussi, pour chaque lien il faut savoir s'il est en état de marche ou non d'où l'appellation « état de lien » de cette approche. Ainsi, le rôle principal d'un protocole de routage état de lien est de fournir le moyen pour communiquer cette information topologique entre tous les nœuds de sorte que chacun ait une vision consistante sur la topologie du réseau. Pour ce faire, chaque nœud diffuse dans l'ensemble du réseau l'état/coût des liens les reliant avec ses voisins directs dans des paquets dits LSPs (Link State Packets). Une fois un nœud parvient à construire sa table état de lien, il peut exécuter l'algorithme de Dijkstra afin de trouver les chemins optimaux vers toutes les destinations possibles dans le réseau.

1.5 Routage dans les réseaux mobiles ad-hoc

1.5.1 Définition

Un réseau mobile ad hoc, appelé MANET (Mobile Ad hoc NETWORK), est un réseau sans-fil, sans aucune infrastructure fixe, utilisant généralement les fréquences radio, avec création et organisation dynamique des nœuds appartenant au réseau [4].

1.5.2 Protocoles de routages dans les Manets

Suivant la manière de création et de maintenance de routes lors de l'acheminement des données, ainsi lors de la réception d'une requête, les protocoles de routage peuvent être séparés en [3] :

1.5.2.1 Protocoles proactifs

Les protocoles de routage proactifs, appelés aussi protocoles pilotés par table, chaque nœud conserve périodiquement des informations de routage vers tous les autres nœuds du réseau. Ces tables sont mises à jour lorsque la topologie du réseau change. Dans les protocoles proactifs, le nœud source n'a pas besoin de processus de découverte d'itinéraire pour trouver la route vers la destination, ils nécessitent plus de puissance et de bande passante pour le transfert des informations de mises à jour des chemins. Néanmoins, ils surchargent le réseau avec des boucles de routage, c'est-à-dire les routes optimales déjà existant sont redécouvertes à chaque fois. Les protocoles basés sur ce principe sont : DSDV, WRP, OLSR, TBRPF, GSR, HSR, ZHLS, CGSR, DREAM et LSR.

1.5.2.2 Protocoles réactifs

Les protocoles de routage réactifs sont également appelés protocoles de routage à la demande, car la route n'est construite que lorsque les nœuds souhaitent communiquer entre eux. Quand un nœud souhaite envoyer des données à un autre nœud, le nœud source lance la méthode de et établit une connexion pour échanger des données. Leur principal objectif est de minimiser la surcharge de trafic réseau. Les processus de découverte et de maintenance des itinéraires sont utilisés pour communiquer entre tous les nœuds du réseau. Les protocoles basés sur ce principe sont : CBRP, DSR, AODV, TORA, ABR, SSR, LAR, RDMAR, EARP et CEDAR.

1.5.2.3 Protocoles hybrides

Les protocoles de routage hiérarchiques, connu sous le nom de protocole de routage hybride, combine les fonctionnalités des protocoles de routage réactifs et proactifs. Le principal avantage du protocole de routage hybride est que le routage proactif utilisé pour les petites distances et le routage réactif utilisé pour les longues distances. Les routes se chevauchent créant des délais plus longs et les nœuds consomment plus de mémoire et de batterie. Parmi les protocoles hybrides on peut citer le protocole ZRP.

1.6 Conclusion

Comme MANET est un système décentralisé, évolutive et dynamique cela rend le routage dans ce réseau difficile; le protocole de routage doit non seulement trouver le plus court chemin entre le nœud source et destination, mais doit également être adaptatif [11].

Les chercheurs se sont inspirés de la nature et ont conclu que les protocoles de routage bio-inspirés, plus précisément ceux inspirés de l'intelligence en essaims (ACO, PSO. . .) sont plus prometteurs pour l'optimisation du routage dans les MANETs en raison de leur capacité d'auto-organisation et d'auto adaptation, de leur mobilité, de leur nature décentralisé et aussi de leur simplicité de mise en œuvre [11, 12, 13].

Méthodes d'optimisation

2.1 Introduction

De nos jours, les chercheurs emploient deux méthodes différentes pour résoudre les problèmes d'optimisation : les méthodes exactes et les méthodes approchées.

Afin d'optimiser les résultats de routage dans les réseaux Ad Hoc, des méthodes inspirées de la nature ont été utilisées.

Dans ce chapitre, nous présentons les méthodes bio-inspirées, leur classification, ainsi que leurs avantages et inconvénients.

2.2 Méthodes exactes

Ces méthodes garantissent de trouver une solution optimale pour un problème donné mais au prix de temps de calcul et/ou d'espace mémoire très grand [4].

2.3 Méthodes approchées

Ces méthodes offrant la possibilité de trouver une solution proche de l'optimale en un temps raisonnable [4]. Elles peuvent être réparties en deux classes :

2.3.1 Heuristiques

Une heuristique est une méthode de résolution spécialisée à un problème d'optimisation dit difficile. Cette méthode a pour but de fournir rapidement (en un temps polynomial), contrairement à une méthode exacte, une solution approchée et réalisable, pas nécessairement optimale [4, 9].

2.3.2 Métaheuristiques

Les métaheuristiques sont des heuristiques adaptées à chaque problème, qui ont été mises au point, sans changements majeurs dans l'algorithme, afin de résoudre des problèmes d'optimisation difficile, pour lesquels nous ne connaissons pas de méthodes classiques plus efficaces. Ces méthodes sont, pour la plupart, inspirées de la biologie (algorithmes évolutionnaires) ou de l'éthologie (essaims particuliers, colonies de fourmis). Dans ce qui suit, nous présentons brièvement les principales métaheuristiques d'optimisation [4, 6, 9].

2.4 Méthodes bio-inspirées

Ces méthodes ont récemment gagné une importance dans l'informatique en raison de la nécessité d'une flexibilité, des moyens adaptables de résoudre les problèmes d'ingénierie. Les algorithmes bio-inspirés sont basés sur la structure et fonctionnement des systèmes naturels complexes et ont tendance à résoudre les problèmes de façon adaptable et distribué [4].

2.5 Classification des algorithmes bio-inspirés

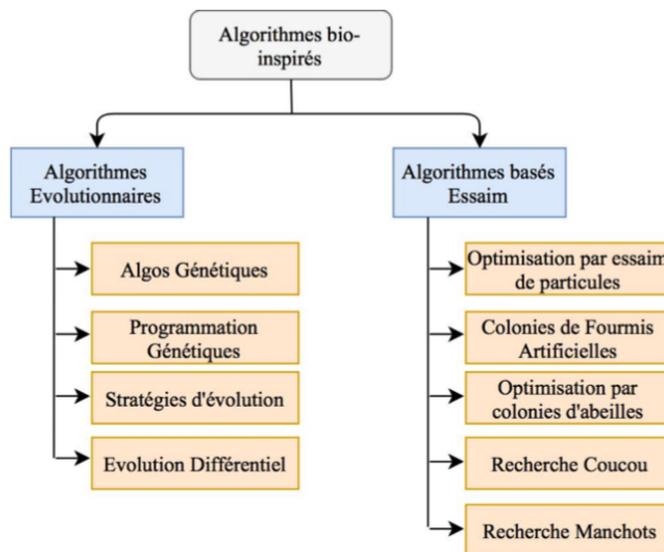


FIGURE 2.1 – Classification d'algorithmes bio-inspirés

2.5.1 Algorithmes évolutionnaires

Méthodes de recherche inspirées par l'évolution biologique des espèces, représentent une classe de métaheuristiques ayant comme principe de faire évoluer progressivement, par génération successive, la composition d'une population de base (solutions au problème à résoudre) par des opérateurs de variations (croisement et mutation), en maintenant sa taille constante. Cette population est soumise à une sélection pour le croisement puis une sélection pour la survie. L'objectif est de faire converger les solutions (individus) vers un optimum en respectant certains critères. Ceux-ci comprennent les algorithmes génétiques, les stratégies d'évolution et la programmation évolutive [?, 7].

2.5.1.1 Algorithmes génétiques

Inspirés de la théorie de l'évolution et des règles de la génétique, ces stratégies d'adaptation et méthodes d'optimisation sont les premières et les plus utilisées parmi les méthodes évolutionnaires. Ils expliquent la capacité des espèces vivantes à s'adapter à leur environnement par la combinaison des mécanismes suivants : la sélection naturelle, la reproduction (par croisement) et la mutation (par modification). Les algorithmes génétiques reprennent ces mécanismes pour définir une métaheuristique. L'idée est de faire évoluer une population, en combinant plusieurs parents (deux en général), et en apportant des modifications à un seul individu, la capacité d'adaptation d'un individu est évaluée par la fonction objective à optimiser [6, 7, 9].

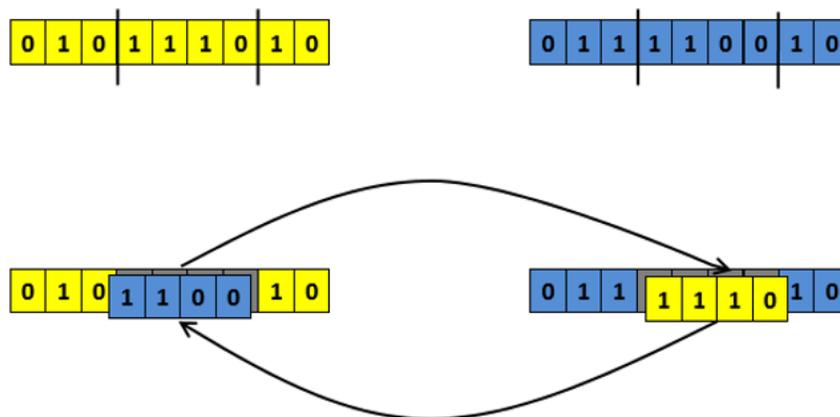


FIGURE 2.2 – Mécanisme de croisement

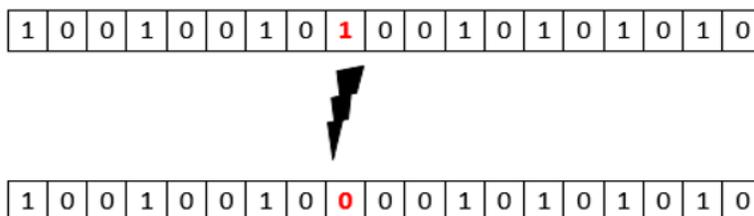


FIGURE 2.3 – Mécanisme de mutation

2.5.2 Algorithmes basés essaim

2.5.2.1 Optimisation par essaim de particule

Algorithme d'optimisation par essaim particulaire (PSO) est une métaheuristique basée sur la population, qui s'inspire du comportement social des animaux évoluant en essaim, tels que les bancs de poissons et le flocage des oiseaux, qui ont tendance à imiter les comportements réussis qu'ils observent dans leur entourage, en y apportant leurs propres variations ; qu'elle utilise pour résoudre les problèmes d'optimisation. Dans PSO, la recherche s'effectue par une population d'individus appelés particules. Chaque particule survolant l'espace de recherche en quête de l'optimum global est considérée comme solution potentielle du problème. Chaque solution représente une position d'une particule, où chaque position (solution) possède une vitesse, elle est d'abord placée aléatoirement dans l'espace de recherche, se déplace à chaque itération, en fonction de sa vitesse initiale, de sa propre meilleure position, et de celle tirée de l'essaim [4, 6, 7].

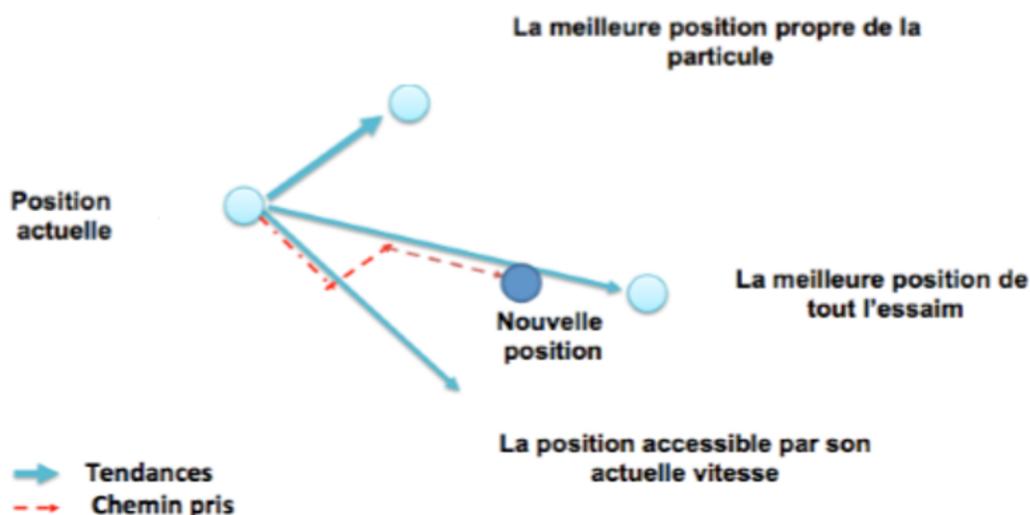


FIGURE 2.4 – Déplacement d'une particule

2.5.2.2 Optimisation par colonies de fourmis

Les algorithmes de colonies de fourmis (ACO) sont des métaheuristiques d'optimisation inspirées du comportement collectif des fourmis dans leur processus de recherche de nourriture, et d'optimisation du chemin entre leur nid et la source de nourriture trouvée, grâce à une substance chimique appelée la phéromone, qu'elles déposent au cours de leur recherche pour communiquer, ce qui augmente la probabilité que d'autres fourmis choisissent le même chemin. Ainsi, la probabilité de choisir un chemin est définie proportionnellement à une quantité de phéromone représentant l'expérience passée de la colonie concernant ce choix [4, 6, 9].



FIGURE 2.5 – Détermination du plus court chemin par une colonie de fourmis

2.5.2.3 Optimisation par colonies d'abeilles

Optimisation par colonies d'abeilles artificielles (ABC) est une métaheuristique qui s'est inspirée du comportement des abeilles mellifères, lors de la recherche de leur nourriture. Le but de cette méthode est de créer une colonie d'abeilles artificielles capable de résoudre, avec succès, des problèmes difficiles d'optimisation. Dans un algorithme d'optimisation par colonies d'abeilles, une source de nectar correspond à une solution possible au problème à traiter (on commence par n solutions). Les abeilles visent à découvrir des endroits contenant des sources de nourriture (régions de l'espace de recherche) avec une grande quantité de nectar. La colonie d'abeilles artificielles est composée de trois types : les ouvrières, qui se basent sur leur mémoire et essayent d'apporter des modifications à leurs position (solution) actuelle pour découvrir une nouvelle position (source de nourriture). Les spectatrices qui attendent le retour des ouvrières au champ de danse pour observer leurs danses et recueillir des informations sur les sources de nectar qu'elles ont trouvées, et enfin, les scouts qui explorent l'espace de recherche en lançant une recherche aléatoire d'une nouvelle source de nourriture. Si la quantité de nectar d'une nouvelle source est supérieure à celle de la précédente dans la mémoire, celle-ci sera mise à jour et la précédente oubliée. Si une solution n'est pas améliorée par un nombre prédéterminé d'essais, alors la source de nourriture est abandonnée par l'ouvrière correspondante et celle-ci devient une abeille scout [4, 9].

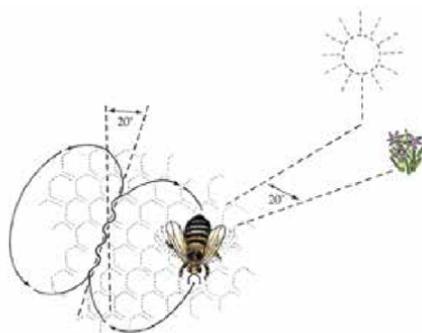


FIGURE 2.6 – Danse d'une abeille ouvrière

2.5.2.4 Optimisation par recherche coucou

Recherche coucou (CS) est une métaheuristique basée population, une des variantes de l'algorithme d'optimisation par essaim particulaire (PSO). Inspiré du comportement de reproduction parasitaire des coucous, oiseaux parasites de nids et sur le mécanisme du vol de Lévy. Yang et Deb [31] ont développé CS, un algorithme d'optimisation.

L'algorithme commence avec une population initiale de n nids d'hôtes, chaque œuf dans le nid représente une solution, et l'œuf pondu par le coucou une nouvelle solution. La qualité du nid sera évaluée (en utilisant une fonction) et comparée à celle d'un autre nid hôte choisi au hasard. Si l'œuf pondu est meilleur, il remplacera les anciens œufs. La nouvelle position est sélectionnée par un pas de Lévy (le vol de Lévy) qui permet la modélisation mathématique des déplacements aléatoires. Les coucous pondent leurs œufs dans les nids d'autres oiseaux hôtes, de même ou d'espèces différentes. L'oiseau hôte peut découvrir que les œufs ne sont pas les siens et détruit l'œuf ou abandonne le nid pour en reconstruire un autre. Cela a abouti à l'évolution des coucous qui produisent leurs œufs en imitant ceux d'oiseaux hôtes locaux.

2.6 Avantages et inconvénients des méthodes bio-inspirées

Méthodes	Avantages	Inconvénients
AG [14, 15].	<p>Efficace : dans des domaines où le calcul de la solution optimale linéairement est très difficile voire impossible.</p> <p>Flexible : s'adapte à des configurations et modèles différents.</p> <p>Robuste : explore une grande population de solutions, il peut explorer parallèlement différentes sous-populations.</p>	<p>Trop de paramètres à régler.</p> <p>Réglage des paramètres est difficile.</p> <p>Choix de la fonction d'évaluation est difficile.</p> <p>Codage des données est difficile.</p> <p>Couteux en temps de calcul.</p>

PSO [15, 18].	<p>Converge rapidement. Facile à mettre en œuvre. Efficace sur un espace de recherche continu. Robuste : permet de trouver l'optimum en un temps de traitement raisonnable.</p>	<p>Temps de calcul considérable pour les instances de grande taille. Stagne dans des optima locaux. Explosion du système. Convergence prématurée.</p>
ACO [16, 17].	<p>Décentralisé. Capacité de calcul distribué. Adapté aux problèmes dynamiques. Flexible : s'adapte facilement à de nouveaux problèmes d'optimisation. Robuste : la recherche reste efficace malgré la défaillance de certains individus.</p>	<p>Trop de paramètres à régler. Explore l'espace de recherche sans directions initiales. Vitesse de convergence lente. Stagne dans des optima locaux.</p>
ABC [19, 20].	<p>Converge plus rapidement. Capacité de recherche globale meilleure. Un outil potentiel pour résoudre les problèmes d'optimisation locaux et globaux. Meilleure capacité à sortir d'une solution locale optimale. Moins de paramètres de contrôle à régler.</p>	<p>Cesse parfois de converger vers l'optimum global avec certaines classes de problèmes d'optimisation. Peu pratique pour résoudre les problèmes de minimisation. Robuste : peut être facilement hybridé avec différents algorithmes et méta-heuristiques.</p>
CS	<p>Explore l'espace de recherche plus efficacement. Plus robuste pour les problèmes d'optimisation avec des contraintes complexes. Moins de paramètres à ajuster. Facilité d'hybridation avec d'autres algorithmes d'optimisation.</p>	<p>Mauvaise précision. Faible taux de convergence.</p>

Tableau 2.1: Tableau récapitulatif des solutions

2.7 Conclusion

Suite à l'étude faites sur les différentes méthodes d'optimisation bio-inspirées, nous pouvons constater que l'optimisation par recherche coucou (CS), est une des méthodes les plus récentes, elle est plus robuste et plus utilisées pour un routage efficace.

C'est pourquoi, le chapitre suivant est dédié au comment est utilisé la méthode cocoucou dans le routage.

La méthode de recherche coucou

3.1 Introduction

Coucou search est un algorithme de recherche (métaheuristique) qui a été proposé récemment par Yang et Deb. L'algorithme est inspiré de la stratégie de reproduction des coucous. Les coucous pondent leurs œufs (poussins) dans les nids d'autres oiseaux hôtes, de même ou d'espèces différentes. L'oiseau hôte peut découvrir que les œufs ne sont pas les siens et détruit l'œuf ou abandonne le nid pour en reconstruire un autre. Cela a abouti à l'évolution des œufs de coucou qui imitent les œufs d'oiseaux hôtes locaux. La nouvelle position est sélectionnée par un saut de Lévy (Lévy Flight), qui est une marche aléatoire caractérisée par une série de sauts instantanés choisis à partir d'une fonction de densité. Cette méthode représente le modèle de recherche aléatoire le plus fréquent dans la nature [4].

3.2 Comportement du coucou

De nombreuses espèces d'oiseaux se livrent au parasitisme de la couvée (ont recours à la ruse pour se reproduire), en pondant dans des nids d'autres espèces d'oiseaux (hôtes). Sans avoir à construire leurs propres nids et laissant ainsi l'hôte s'occuper de leurs poussins. Le plus célèbre des parasites de la couvée est le coucou [31, 32]. Il s'infiltré dans le nid du oiseau hôte (nid récent), se débarrasse d'un œuf d'hôte, et pond le sien en prenant soin d'imiter l'œuf de ce dernier afin d'accroître la chance de son éclosion. En général, les œufs de coucou éclosent un peu plus tôt que ceux de leur hôte. Une fois que l'œuf coucou éclos, l'action instinctive du poussin est d'expulser les œufs hôtes en les propulsant aveuglément hors du nid, augmentant ainsi la part de nourriture fournie. Les poussins héritent de la ruse ; on l'aperçoit dans leur imitation à l'appel de l'hôte pour avoir accès à plus de possibilités d'alimentation.

Certains oiseaux hôtes arrivent à détecter l'œuf coucou, dans ce cas-là, soient ils retirent l'œuf détecté ou ils abandonnent leurs nids pour en construire un nouveau ailleurs [33]. Le coucou doit donc être plus précis dans son imitation des œufs de l'hôte, tandis que l'hôte doit améliorer ses compétences dans la détermination de l'œuf parasite [32].

3.3 Le vol de Lévy

De nombreux phénomènes naturels, peuvent être décrits en termes de marche aléatoire. Des études ont démontré que le processus de recherche chez les animaux se fait de manière aléatoire. En fait, leur déplacement est basé sur leur position actuelle ainsi qu'une probabilité du déplacement vers une autre position. Le comportement de certains animaux peut être modélisé par un schéma mathématique, nommé Vol de Lévy [23]. Proposé par le mathématicien Paul Pierre Lévy, ce dernier permet de modéliser des marches aléatoires composées d'un grand nombre de pas où les transitions sont basées sur des probabilités.

Le vol de Lévy ou Levy flight a donné des interprétations théoriques à plusieurs phénomènes physiques, chimiques, biologiques et naturels. Ainsi, afin de bénéficier de sa capacité de génération de solutions suffisamment diversifiées, il a été intégré par Yang et Deb pour générer de nouvelles solutions dans leur récente métaheuristique : La recherche coucou (CS) [23].

3.4 Le principe et les étapes de la recherche coucou

La méthode d'optimisation recherche coucou (CS), se base sur trois principes [4, 31] :

- Initialement : chaque coucou pond un seul œuf à un moment donné et les œufs sont placés sur des nids choisis au hasard.
- Prochaine génération : les nids contenant des œufs (solutions) de meilleure qualité seront élus pour la génération suivante.
- Règle d'acceptation : le nombre de nids hôtes valides est fixé et la capacité de détection de l'œuf du coucou par l'oiseau hôte est avec une probabilité $P_a \in [0,1]$. Dans ce cas-là, l'oiseau hôte tranche entre éjecter le coucou hors du nid ou abandonner son nid pour aller dans une nouvelle position et construire un nouveau nid.

La probabilité P_a représente la fraction de N nids qui vont être remplacés par de nouveaux nids (avec de nouvelles solutions aléatoires dans de nouvelles positions dans l'espace de recherche). La qualité d'un nid ou d'une solution est mesurée en fonction de la fonction objective, qui varie d'un problème à un autre.

Afin de générer une nouvelle solution $X(t+1)$ pour un coucou i , Yang et Deb ont intégré le vol de Lévy de la manière suivante [23] : $x_i^{(t+1)} = x_i^{(t)} + \alpha \otimes \text{Lévy}(\lambda)$

Où $\alpha > 0$ est la taille du pas, elle est liée au problème traité.

La nouvelle solution sera donc générée en fonction de deux facteurs indispensables :

- La position actuelle du coucou.
- La nouvelle direction mesurée par le vol de Lévy.

Le vol de Lévy représente une marche aléatoire dont les pas aléatoires sont définis à partir de la distribution de Lévy. Il est à noter que la distribution de Lévy a une panoplie de variantes avec une infinité de sens.

3.5 L'algorithme de la recherche coucou

L'organigramme suivant résume l'algorithme de la recherche coucou :

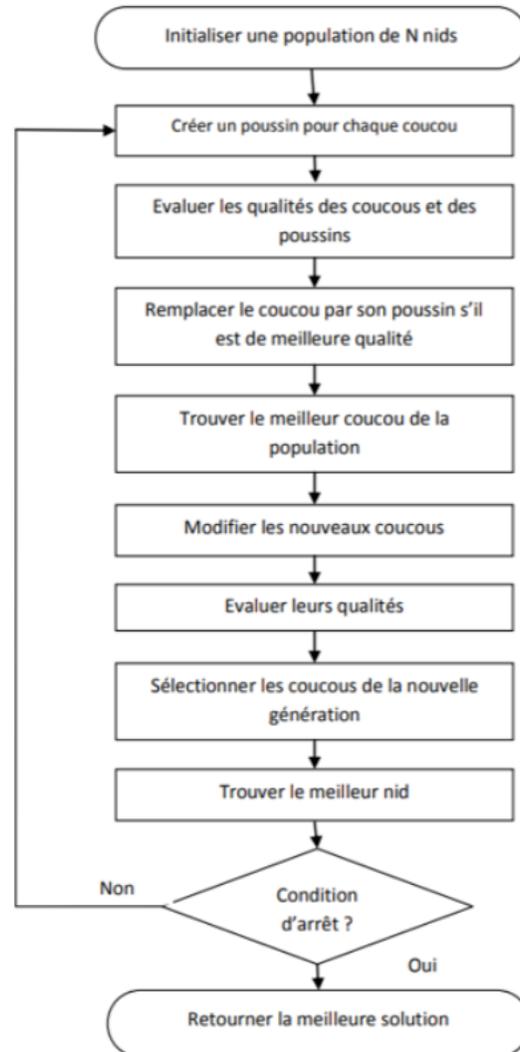


FIGURE 3.1 – Organigramme de l'algorithme de la recherche coucou

L'algorithme suivant résume les étapes générales de l'algorithme CS :

L'observation attentive des étapes de l'algorithme CS montre qu'il tourne autour de trois phases :

sélection de la meilleure solution.

l'exploitation de la solution par la recherche locale aléatoire

et l'exploration de l'espace de recherche par la création aléatoire de nouvelles solutions en utilisant le vol de Lévy.

En s'inspirant d'un des types de la sélection utilisée dans l'algorithme génétique [23], Yang et Deb

Algorithm 1 Algorithme de la recherche coucou

Début

initialiser une population de N coucous (solutions) ;

Tant que (le critère d'arrêt n'est pas satisfait) **Faire**

Pour chaque coucou s **faire**

Créer son poussin g en utilisant le vol de Lévy ;

Calculer la fitness de s et g ;

Remplacer s par g si $f(g)$ est meilleure que $f(s)$;

Fin pour

Trouver le meilleur coucou ;

Pour chaque coucou s **faire**

Modifier une fraction P_a de son contenu pour obtenir une nouvelle solution ;

Evaluer la fitness de s' ;

Remplacer s par s' si $f(s')$ est meilleur que $f(s)$;

Fin pour

Trouver le meilleur coucou ;

Fin Tant que

Retourner la meilleure solution ;

Fin

ont utilisé la sélection par élitisme afin d'échapper au problème de perte de la meilleure solution et garantir son passage aux itérations suivantes.

3.6 Domaines d'application de l'algorithme Coucou

CS a été adapté avec succès à une grande variété de problèmes d'optimisation, tels que :

- Le traitement d'images [10, 24],
- le domaine médical [27],
- le clustering et le data mining [22, 25],
- l'économie d'énergie [28],
- l'optimisation des problèmes académiques NP-Difficile [21, 23],
- le routage [25, 26, 30].

3.7 Application de l'algorithme Coucou dans le routage

Sekhar and Prasad [25], ont proposé Trust Predicated Routing Framework (TPR), un protocole de routage sécurisé pour les MANETs, avec une sélection de tête de cluster secondaire optimisée à l'aide de l'algorithme basé sur la recherche du coucou (CS). Le processus de re-clustering présente un obstacle pour l'efficacité globale du processus de routage et prend du temps. Dans [25], CS sélectionne la tête de cluster (nœud) secondaire dans le groupe de cluster initialement formé (en utilisant le vol de Lévy et en évaluant sa qualité grâce à la fonction objective) et élimine le

besoin de reclasser la formation de cluster (re-clustering), Le nœud hautement optimisé qui a des paramètres de nœud hautement recommandés dans la file d'attente triée sera élu comme tête de cluster pour le groupe de cluster particulier, ce qui signifie que la confiance et le niveau d'énergie du nœud de tête de cluster seront suffisants pour traiter le routage sans collision ; réduisant ainsi la consommation de temps et offrant un processus de routage efficace.

En faisant la simulation, Sekhar et Prasad [25], ont évalué les performances en comparant les résultats simulés dans différents scénarios avec le protocole de routage AODV, la surcharge des messages de routage TPR est en moyenne 20% inférieure à la surcharge des messages de routage AODV, le TPR a un débit plus élevé que le protocole de routage AODV de 5,6% en moyenne, ce qui représente une légère augmentation, les résultats des délais de bout en bout montrent que TPR délivre des paquets avec moins de retard que l'AODV dans la plupart des scénarios considérés pour les simulations, de même pour les résultats du taux de livraison de paquets de TPR qui ont un avantage particulier (un écart d'au moins 3%) par rapport à AODV. Ce qui montre que les performances du protocole de routage proposé sont considérablement améliorées.

Kaur and Gurm [26], ont proposé une optimisation de deux protocoles de routage réactif (AODV et DYMO), en utilisant l'algorithme d'optimisation basé sur la recherche du coucou qui trouve le plus court chemin entre deux nœuds, et réduit la congestion dans les protocoles de routage. L'algorithme de coucou a été appliqué sur chacun des deux protocoles séparément. Pour évaluer les métriques de performance une étude comparative a été faite, entre l'AODV (générique) et l'AODV Coucou (optimisé par CS), de même pour DYMO. En faisant la simulation Kaur et Gurm ont montré que le rapport de livraison des paquets de AODV Coucou a été amélioré de 38% en comparaison avec AODV (classique) et celui de DYMO Coucou de 62% en comparaison avec DYMO (générique), le délai de bout en bout est plus court, il a été amélioré de 82% en utilisant AODV Coucou et de 51% en utilisant DYMO Coucou, la consommation d'énergie est faible, elle a été améliorée de 17% et 5% dans le cas de l'optimisation par la recherche de coucou sur les algorithmes AODV et DYMO par rapport aux protocoles de routage simples AODV & DYMO.

Kout et al. [30], ont proposé AODVCS un nouveau protocole de routage inspiré de la méthode de recherche du coucou. Ils ont amélioré le protocole de routage AODV en utilisant la récente métaheuristique (CS) pour optimiser la recherche d'un itinéraire entre deux nœuds. L'aptitude optimisée en utilisant l'algorithme basé sur la recherche du coucou est la distance entre la source et la destination. Pour valider leur travail, une comparaison avec les protocoles de routage AODV, DSDV et AntHocNet (protocole de routage bio-inspiré) a été faite, en termes de paramètres de qualité de service : le rapport de livraison de paquets et le délai de bout en bout. Les résultats obtenus en faisant la simulation, montrent que l'AODVCS proposé reçoit plus de paquets de données que les algorithmes comme AODV, DSDV et AntHocNet et qu'il est meilleur aussi en ce qui concerne le délai de bout en bout, car AODVCS utilise la recherche coucou, qui est une métaheuristique rapide qui fournit la meilleure route entre deux nœuds dans un délai raisonnable.

3.8 Conclusion

Dans ce chapitre on a introduit une explication approfondie sur la méthode de recherche coucou, son fonctionnement par le vol de Lévy, ainsi que les différents domaines d'application. Nous avons également résumé les travaux effectués dans l'optimisation du routage en utilisant Coucou Search. Dans le chapitre suivant, nous allons proposer une approche pour l'optimisation du protocole de routage AODV en utilisant la méthode de recherche coucou.

Conception d'un protocole de routage AODV en utilisant la méthode de recherche coucou

4.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons proposer notre méthode d'optimisation du protocole AODV en utilisant l'approche Coucou ainsi que les algorithmes nécessaires à sa réalisation.

4.2 Protocole AODV (Ad-hoc On Demand Distance Vector)

AODV est un protocole de routage réactif (à la demande). En AODV, la route n'est construite que lorsque cela est nécessaire. Il emprunte des fonctionnalités de découverte et de maintenance d'itinéraire à DSR et la fonctionnalité de routage saut par saut à DSDV. AODV transmet des messages de contrôle Route Request (RREQ), Route Reply (RREP) pour la découverte d'itinéraire et Route Error (RERR) pour les maintenir. Il utilise le numéro de séquence pour chaque message de demande d'itinéraire afin de supprimer les boucles de routages générées par ses demandes [4]. Quand un nœud source a besoin de communiquer avec un autre nœud, le nœud source vérifie si la route vers le nœud destination existe déjà, si oui, la communication commence, dans le cas échéant le nœud source diffuse un message RREQ à tous ces voisins avec le numéro du nœud destination. Chaque nœud recevant le message RREQ vérifie s'il dispose d'une route vers le nœud destination, rediffuse le message RREQ en intégrant son propre numéro de séquence aux autres voisins, Quand le nœud destinataire reçoit le RREQ, un message contenant le chemin inversé généré par RREQ est renvoyé au nœud source, seul le premier message RREQ est accepté car AODV utilise les chemins les plus récents.

Une route est rendue disponible quand le nœud source reçoit le message RREP, chaque nœud se souviens du nœud suivant dans le chemin actif (comme c'est fait dans DSR). Les routes sont maintenues en utilisant des messages de contrôles périodiques (HELLO), si un nœud ne répond pas à un nombre de tentatives (time-out), le lien devient invalide et la route indisponible, un message

RERR est donc diffusé au nœud source pour que le processus de découverte soit réinitialiser. Le problème des boucles de routage est évité, par l'utilisation des numéros de séquence pour la construction des routes les plus récentes, ce qui assure une adaptation rapide aux changements de topologies du réseau [29].

4.3 Méthode de recherche coucou dans le routage

Un réseau mobile ad hoc de stations communiquent peut se représenter sous la forme d'un graphe $G = (V, E)$, l'ensemble V des sommets représente les nœuds du réseau et l'ensemble E des arêtes représente les liens de communication. Chaque nœud contribue dans la construction de la table de routage qui est sous forme de matrice d'adjacence.

On applique la méthode de recherche coucou pour obtenir le plus court chemin entre la source et la destination parmi un nombre de chemins valides, sous forme de vecteur de distance, ces chemins constituent la population initiale dont les nœuds sont les coucous. Un poussin est le nœud généré par un vol de Lévy, pour chaque route valide on effectue un vol de Lévy sur les nœuds intermédiaires afin d'avoir de nouvelles solution, la meilleure solution est prise à chaque fois en calculant et comparant leurs fonctions objectives, le nombre de sauts dans chaque chemin (solution), pour obtenir le nouveau ensemble de solution. Enfin le chemin ayant la meilleure fitness est sélectionné. [4].

4.4 Description de l'approche

Comme vu précédemment, AODV est un protocole de routage réactif saut par saut dans lequel les nœuds n'ont pas une vue globale sur la topologie du réseau.

C'est pourquoi, nous proposons une nouvelle démarche qui repose sur deux phases.

- La première phase consiste en la détection de la topologie qui permettra de pallier à l'inconvénient du protocole AODV où les nœuds n'ont pas une vue globale sur la topologie du réseau.
- La seconde phase consiste en l'application de l'algorithme bio inspiré Coucou pour l'optimisation de la recherche du plus court chemin.
- Nous avons intégré à notre approche Coucou, le Vol de Levy, afin de bénéficier de la génération de solutions suffisamment diversifiées.

4.4.1 Détection de la topologie

Cette étape commence quand un nœud source veut connaître une route vers un autre nœud, la Diffusion du RREQ (Route REQuest) dans le réseau. Pour mémoriser les routes contenant la source et la destination on ajoute un champ au paquet RREQ nommé **rq-route**, chaque nœud va

insérer son identifiant depuis la source jusqu'à la destination lors de la diffusion du RREQ. Une fois le message arrivé à la destination, cette dernière va mémoriser ce **rq-route** comme solution pour construire la population initiale.

Chaque solution est un vecteur contenant les identifiants de la source, la destination et les nœuds intermédiaires participant dans cette route.

Après la construction de la population initiale, le nœud destination se charge de créer une matrice d'adjacence afin de mémoriser les liens entre les différents nœuds du réseau appartenant à la population initiale.

Algorithm 2 Algorithme de création de la matrice d'adjacence

Entrée :

Population initiale

Matrice d'adjacence

Sortie :

Matrice d'adjacence **Début**

Pour (chaque route de la population initiale)**faire**

Pour (chaque nœud dans la route sauf la destination)**faire**

Matrice[nœud][nœud successeur] <- 1 ;

Fin pour

Fin pour

Retourner la matrice d'adjacence ;

Fin

4.4.2 Application de la méthode de recherche Coucou

Cette étape s'applique sur la population initiale créée dans la première étape, la méthode de recherche Coucou est utilisée pour déterminer le plus court chemin entre la source et la destination. La fonction objective est le nombre de sauts et elle est comparée avec celles des nouvelles routes obtenues par le vol de Lévy.

L'algorithme 3 représente les différentes étapes de la recherche Coucou

4.4.3 Vol de Lévy

Le Vol de Lévy est utilisé pour obtenir de nouvelles routes à partir des solutions courantes. Les valeurs de la source et la destination ne changent pas et les nœuds intermédiaires sont affectés par le saut aléatoire, enfin on retourne la nouvelle route générée.

Comme le Vol de Lévy est une fonction de génération aléatoire, les nouvelles routes nécessitent une validation, cette validation est composée de deux parties :

Algorithm 3 Algorithme modifié de la recherche coucou

Entrée :

Population initiale

Matrice d'adjacence

Sortie :

Meilleure route

Début

Pour (chaque solution s de la population initiale) **faire**

Générer une nouvelle route g par le Vol de Lévy ;

Validation de la nouvelle route en utilisant la matrice d'adjacence ;

Remplacer s par g si la fonction objective de g est meilleure ;

Fin pour

Pour (une fraction P_a de solution invalide s) **faire**

Générer une nouvelle route g par le Vol de Lévy ;

Remplacer s par g si la fonction objective de g est meilleure ;

Fin pour

Classer les solutions et retourner la meilleure ;

Fin

Algorithm 4 Algorithme Vol de Lévy

Entrée :

Route courante

Sortie :

Nouvelle route

Début

Initialisation des paramètres ;

Pour (chaque nœud sauf la source et destination) **faire**

Appliquer l'équation de Lévy ;

Renvoyer des valeurs entières ;

Fin pour

Retourner la nouvelle route ;

Fin

- En premier temps on vérifie si deux nœuds successifs de la route ont un lien entre eux par rapport à la matrice d'adjacence,
- On vérifie aussi les liens entre la source et les nœuds intermédiaires pour la possibilité de supprimer des nœuds supplémentaires.

4.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons proposé une nouvelle approche pour l'optimisation du protocole AODV en utilisant un algorithme bio inspiré Coucou.

Notre approche permet d'abord une vision globale de la topologie alors que c'était l'inconvénient du protocole AODV. Cette première étape offre un processus de routage efficace et réduit la

Algorithm 5 Algorithmme Validation des routes

Entrée :

Route

Matrice d'adjacence

Sortie :

Route réparé : il s'agit d'un passage par référence

Valide : Booléen

Début

Valide = Vrai

Pour (chaque nœud dans la route)**faire**

Si (Matrice[nœud][nœud successeur] !=1 et Val==Vrai)

Valide = Faux

Fin Si

Si (Matrice[src][noeud]==1 et noeud !=src)

Supprimer les nœud entre la source et le nœud ;

Valide = Vrai ;

Fin Si

Fin pour

Retourner Valide ;

Fin

consommation du temps d'élaboration des liaisons entre les nœuds. L'utilisation de la méthode Coucou, apporte une optimisation dans le temps de recherche du plus court chemin.

Nous pouvons dire que nous avons exploité les avantages de l'AODV Coucou tout en éliminant un inconvénient majeur du protocole AODV à savoir que les nœuds n'ont pas une vision globale sur la topologie.

Nous avons aussi proposées tous les algorithmes nécessaires à son implémentation.

Conclusion et perspectives

De nos jours, les réseaux basés sur la communication sans-fil sont classés en deux catégories : les réseaux avec infrastructure fixe et les réseaux sans infrastructure fixe appelé aussi réseau ad-hoc. La communication au sein d'un MANET s'avère difficile à cause de la mobilité, décentralisation et l'hétérogénéité des appareils communicantes.

L'émergence des méthodes bio-inspirées dans le domaine de l'informatique a offert des solutions à des différents problèmes complexes tels que le routage.

Les algorithmes bio-inspirés simulent le processus naturel d'évolution des espèces, leur flexibilité et aspect adaptatif répond aux besoins du routage dans les MANETs. Les contributions citées dans notre document avaient toutes pour objectif de développer de meilleurs approches pour la résolution du problème du routage dans les réseaux mobiles ad-hoc.

C'est pourquoi, nous nous sommes intéressés au problème du routage dans ces types de réseaux. Nous avons proposé une nouvelle approche pour l'optimisation du protocole réactif AODV basé sur la méthode de recherche coucou pour la résolution du problème de routage.

Notre méthode exploite les avantages de l'AODV Coucou tout en éliminant un inconvénient majeur du protocole AODV à savoir que les nœuds n'ont pas une vision globale sur la topologie.

L'approche proposé résout le problème en deux phases, la première permet une vision globale de la topologie. Cette première étape offre un processus de routage efficace et réduit la consommation du temps d'élaboration des liaisons entre les nœuds.

La deuxième phase consiste en l'utilisation de la méthode Coucou par le vol de Lévy qui garantie la livraison des paquets dans des meilleurs délais par le choix du plus court chemin dans le réseau. Comme perspective nous proposons une implémentation des algorithmes proposés et de faire une étude comparative avec les autres algorithmes d'optimisation du routage par méthode bio inspiré.

Bibliographie

- [1] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Routage>, (Consulté le 10 Janvier 2020).
- [2] Ould Alioune M., 2013. Algorithme bio-inspiré pour l'optimisation du routage. Mémoire de Master : Informatique. Université Ferhat Abbes de Setif 1, 61p.
- [3] Yefa M., Yuxia B., Nan W., 2017 .Performance Comparison and Evaluation of the Routing Protocols for MANETs Using NS3. Journal of Electrical Engineering, p.187-195.
- [4] Kout A., 2017. Contributions à la Résolution du Problème de Routage dans les Réseaux Mobiles Ad-hoc par les Méthodes Bio-inspirées. Thèse de doctorat : Systèmes Complexes. Université Abdelhamid Mehri - Constantine 2, 131 p.
- [5] Menghour K., 2015. Approches Bio-inspirées pour la Sélection d'Attributs. Thèse de doctorat : Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication. Université Badji Mokhtar-Annaba, 145 p.
- [6] Benaichouche A., 2014. Conception de métaheuristiques d'optimisation pour la segmentation d'images : application aux images IRM du cerveau et aux images de tomographie par émission de positons. Thèse de doctorat : Analyse numérique. Université Paris-Est, 121 p.
- [7] Djerou L., 2010. Apprentissage et adaptation dans les Systèmes bio-inspirés. Thèse de doctorat : Intelligence artificielle et image. Université Mohamed Khider-Biskra, 143 p.
- [8] Sandeli M., 2014. Traitement d'images par des approches bio-inspirées Application à la segmentation d'images. Thèse de doctorat : Systèmes Distribués et Méthodes Formelles. Université Constantine, 94 p.
- [9] Khorsi A., 2018. La Swarm Intelligence Dans La detection D'intrusion : Application au Loups Sauvages. Mémoire de Master : Informatique. Université Dr. Tahar Moulay Saida, 67p.
- [10] Hami K., Bennadji D., 2016. Optimisation de la segmentation d'images par la recherche coucou. Mémoire de Master : Commande des systèmes. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 64 p.
- [11] Hoolimath, Praveen Kumar G., Kiran M., et Ram Mohana G., 2012. Optimized Termite : A bio-inspired routing algorithm for MANET's. International Conference on Signal Processing and Communications (SPCOM), p. 1-5.

- [12] Dupak, Lucindia et Banrejee S., 2019. Role of Bio-Inspired Algorithms for Designing Protocols in MANET-Review. International Carnahan Conference on Security Technology (ICCST), p. 1-6.
- [13] Zulfiqar A., SHAHZAD W., 2013. Analysis of routing protocols in ad hoc and sensor wireless networks based on swarm intelligence. International Journal of Networks and Communications, p. 1-11.
- [14] Gagoua M., 2012. Apprentissage et fouille de données par les algorithmes bio-inspirés : Application à la reconnaissance de caractères arabes manuscrits. Thèse de doctorat : Ingénierie des Systèmes Informatiques. Université Ferhat Abbas - Sétif, 109 p.
- [15] Semchedine O., 2013. Simulation d'un algorithme bio-inspiré " Application à l'optimisation par essaim de particules". Mémoire de master : Génie logiciel. Université Ferhat Abbas - Sétif, 61 p.
- [16] Zhou D., WANG L., et Zhang Q., 2016. Obstacle avoidance planning of space manipulator end-effector based on improved ant colony algorithm. SpringerPlus, p. 509.
- [17] Singh G., Kumar N., Verma A., 2014. Oantalg : An orientation based ant colony algorithm for mobile ad hoc networks. Wireless Personal Communications, p. 1859-1884.
- [18] Zenzami M., Elhami N., Makhloufi A., 2016. Application d'un modèle parallèle de la méthode PSO au problème de transport d'électricité. OpenScience-ISTE Science Publishing.
- [19] Xue Y., Jiang J., Zhao B., 2018. A self-adaptive artificial bee colony algorithm based on global best for global optimization. Soft Computing, p. 2935-2952.
- [20] Zhang M. D., Zhan Z. H., Li J. J., 2014. Tournament selection based artificial bee colony algorithm with elitist strategy. International Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence. p. 387-396.
- [21] Alioua M. A., 2017. Application des méthodes métaheuristiques pour l'apprentissage de structure des réseaux bayésiens. Mémoire de Master : Modèle Intelligent et Décision (M.I.D). Université Abou Bakr Belkaid - Tlemcen, 72 p.
- [22] Khabiri M., Ghaffari A., 2017. Energy-Aware Clustering-Based Routing in Wireless Sensor Networks Using Cuckoo Optimization Algorithm. Wireless Personal Communications. p. 2473-2495.
- [23] Gherboudj A., 2013. Méthodes de résolution de problèmes difficiles académiques. Thèse de doctorat : Informatique. Université de Constantine2, 190 p.
- [24] Pare S., Kumar A., Bajaj V., Singh G., 2016. A multilevel color image segmentation technique based on cuckoo search algorithm and energy curve. Applied Soft Computing, p. 76-102.
- [25] Sekhar J. C., Prasad R. S., 2015. Trust predicated routing framework with optimized cluster head selection using cuckoo search algorithm for MANET. IEIE Transactions on Smart Processing & Computing, p. 115-125.

- [26] Kaur J., Gurm R. K., 2014. Performance analysis of AODV and DYMO routing protocols in MANETs using cuckoo search optimization. *International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies*, p. 236-247.
- [27] Liu X., Fu H., 2014. PSO-based support vector machine with cuckoo search technique for clinical disease diagnoses. *The Scientific World Journal*, p.1-7.
- [28] Senthil T., Kannapiran B., 2016. ECTMRA : Energy Conserving Trustworthy Multipath Routing Algorithm Based on Cuckoo Search Algorithm. *Wireless Personal Communications*, p. 2239-2258.
- [29] Sedrati M., Aouragh L., Guettala L., et Bilami A., 2007. Etude des performances des protocoles de routage dans les réseaux mobiles ad-hoc. In *4th International Conférence on Computer Integrated Manufacturing CIP'2007*, p. 1-7.
- [30] Kout A., Labed S., Chikhi S., Bourenmane E., 2018. AODVCS, un nouveau protocole de routage bio-inspiré basé sur un algorithme de recherche de coucou pour les réseaux ad hoc mobiles. *Réseaux sans fil*, p. 2509-2519.
- [31] Yang X., Deb S., 2009. Cuckoo search via Lévy flights. *2009 World congress on nature & biologically inspired computing (NaBIC)*, p. 210-214.
- [32] Shehab M., Khader A. T., Al-Betar M. A., 2017. A survey on applications and variants of the cuckoo search algorithm. *Applied Soft Computing*, p. 1041-1059.
- [33] Nancharaiah B., Mohan B. C., 2014. Hybrid optimization using ant colony optimization and cuckoo search in manet routing. *2014 International Conference on Communication and Signal Processing*, p. 1729-1734.

RÉSUMÉ

Dans ce mémoire, nous avons étudié un type particulier de réseaux sans fil privés de toute infrastructure fixe qui sont les réseaux ad hoc et la particularité de ces réseaux rend le routage très problématique. Développer des protocoles de routage efficaces présente un apport considérable pour optimiser les performances des réseaux ad hoc et L'émergence des méthodes bio-inspirées dans le domaine a offert des solutions au problème de routage en proposant des algorithmes qui simulent le processus naturel d'évolution des espèces. L'objectif de notre travail consiste à développer une approche pour l'optimisation du protocole de routage AODV, en utilisant une méthode bio-inspirée à savoir la méthode Coucou qui résout le problème en deux phases, la première permet une vision globale de la topologie. La deuxième phase consiste en l'utilisation de la méthode Coucou par le vol de Lévy. En effet, cette méthode offre un processus de routage efficace et réduit la consommation du temps d'élaboration des liaisons entre les nœuds et garantie la livraison des paquets dans des meilleurs délais par le choix du plus court chemin dans le réseau.

Mots clés : ad-hoc ; routage ; méthode coucou ; vol de Lévy ; AODV ; bio-inspiré

ABSTRACT

In this document, we have studied a particular type of wireless networks deprived of any fixed infrastructure which are the ad hoc networks and the particularity of these networks makes routing very problematic. Developing efficient routing protocols presents a considerable contribution to optimize the performance of ad hoc networks and the emergence of bio-inspired methods in the field has offered solutions to the routing problem by proposing algorithms that simulate the natural process of evolution for some species. The objective of our work is to develop an approach for the optimization of the AODV routing protocol, using a bio-inspired method named the Cuckoo search which solves the problem in two phases, the first allows a global view of the topology. The second phase consists of the use of the Coucou method by the Lévy flight. Indeed, this method offers an efficient routing process and reduces the consumption of time spent on building links between nodes and guarantees the delivery of packets by choosing the shortest path in the network.

Key words : ad-hoc ; routing ; coucou search ; Lévy flight ; AODV ; bio-inspired