

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

Université Ahmed Daria – Adrar

Faculté des Sciences et de la technologie

Département des Mathématiques et Informatique



**Mémoire de fin d'étude, en vue de l'obtention du diplôme de Master en
informatique**

Option : Systèmes Intelligent (SI)

Thème

**Algorithme d'optimisation de harris hawks pour la localisation des noeuds
dans les RCSF**

Préparé par

Latifa BENHEDID et Ismahan MOUCHAHANA

Encadré par

Dr.RABHI Seddik

Année Universitaire 2022/2023



شهادة الترخيص بالإيداع

انا الأستاذ(ة): راجحي صديق

المشرف مذكرة الماستر الموسومة بـ : **Algorithme d'optimisation de harris hawks pour la localisation des noeuds dans les RCSF**

من إنجاز الطالب(ة): بن حديد لطيفة

و الطالب(ة): موشاحانا اسمهان

كلية : العلوم والتكنولوجيا

القسم : الرياضيات و الاعلام الآلي

التخصص: الاعلام الآلي - أنظمة ذكية

تاريخ تقييم / مناقشة: 19 جوان 2023

أشهد ان الطلبة قد قاموا بالتعديلات والتصحيحات المطلوبة من طرف لجنة التقييم / المناقشة، وان المطابقة بين النسخة الورقية والإلكترونية استوفت جميع شروطها. و بإمكانهم إيداع النسخ الورقية (02) والأليكترونية (PDF).

- امضاء المشرف:

راجحي صديق

ع / مساعد رئيس القسم:

أ. كليلي محمد
رئيس قسم الرياضيات و الاعلام الآلي



REMERCIEMENTS

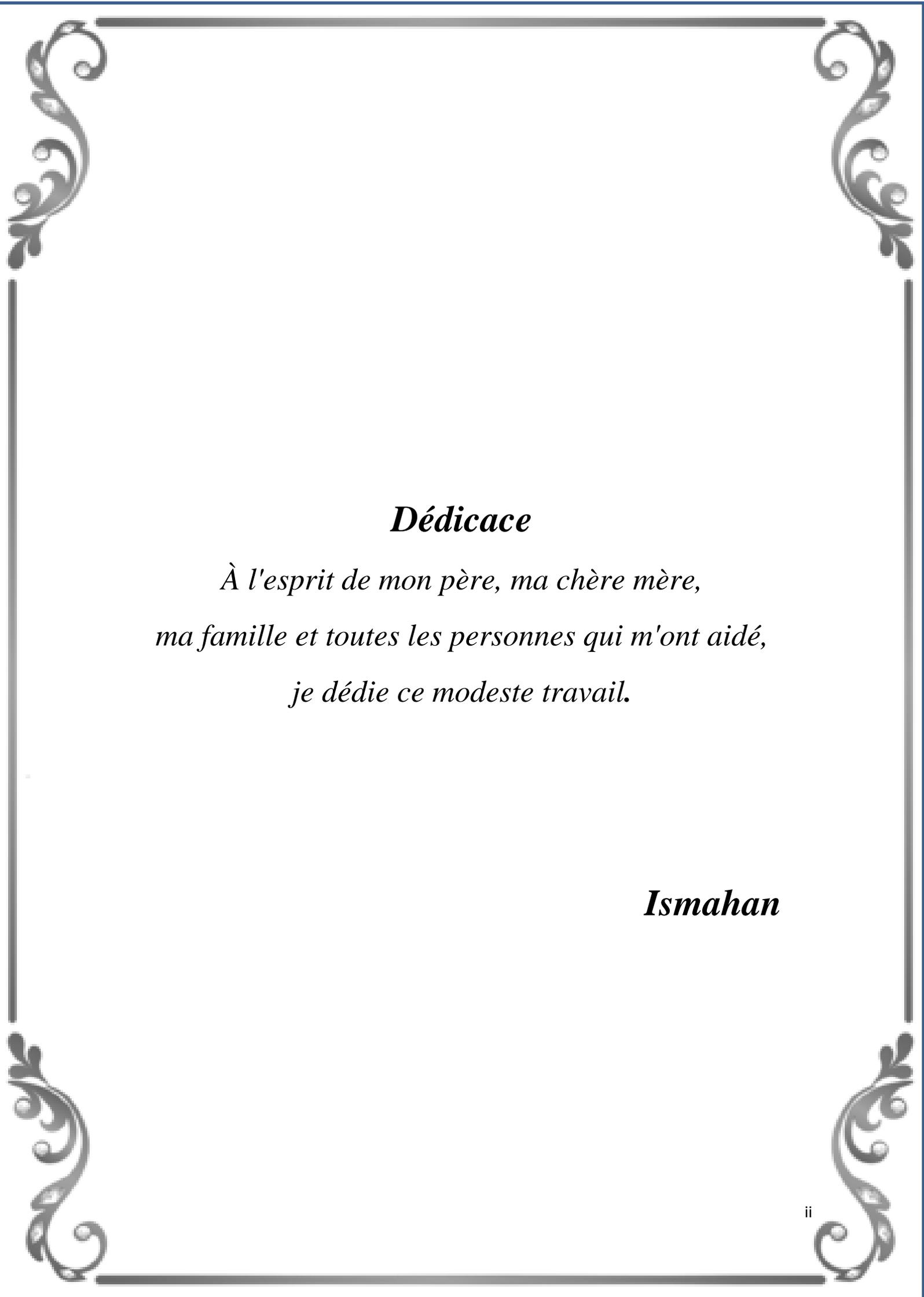
D'abord, nous remercions Dieu pour nous avoir donné la force pour terminer ce modeste travail.

Ensuite, nous remercions nos deux familles pour leur soutien.

*En plus, nous tenons à remercier notre professeur **Mr Rabhi Seddik** pour tout ce qu'il nous a offert et pour les informations qui nous ont aidés à réaliser ce travail.*

*En outre, nous remercions également les jurés **Mr Demri Mohammed et Mr Kaddi Mohammed**.*

Enfin, nous n'oublions pas à remercier tous les enseignements de l'informatique et nos chers collègues pour leur soutien.



Dédicace

*À l'esprit de mon père, ma chère mère,
ma famille et toutes les personnes qui m'ont aidé,
je dédie ce modeste travail.*

Ismahan



Dédicace

*À l'esprit de mon père, ma chère mère,
ma famille*

*mes amies Meriem , Ismahan , Anouar, Hayet et
Hadjer*

*À mon professeur Mr Rabhi Seddik , les jurés Mr
Kaddi Mohammed et Mr Damri Mohammed*

et toutes les personnes qui m'ont aidé,

Je dédie ce modeste travail.

Latifa

Résumé

Ces dernières années, les réseaux de capteurs sans fil (RCSF) sont devenus des recherches très intéressantes. Où ces réseaux sont constitués d'un grand nombre de nœuds densément dispersés dans une zone d'intérêt pour mesurer certains phénomènes. Ils se concentrent sur l'étude et la mise en œuvre de nouveaux algorithmes bio-inspirés nommée méta-heuristiques. Dans cette étude, l'un des défis les plus importants du réseau de capteurs sans fil a été abordé, et sans le résoudre, les informations obtenues par les capteurs sont inutiles, à savoir le problème de la localisation c'est-à-dire la détermination des emplacements des capteurs distribués de manière aléatoire. Pour résoudre le problème de localisation nous avons utilisé l'algorithme de Harris-hawks (HHO) pour obtenir un système de localisation robuste et stable. Pour mettre en œuvre notre proposition, nous l'avons simulée dans l'environnement du MatLab. Afin d'évaluer son efficacité, nous l'avons comparé avec deux travaux antérieurs (PSO-FOA) et (PSO-TABOU). La simulation HHO et l'étude expérimentale ont montré l'efficacité de l'algorithme proposé.

Mots clés : RCSFs, Harris Hawks, méta-heuristiques, algorithme de HHO.

Abstract

In recent years, Wireless Sensor Networks (WSNs) have become very interesting researches. Where these networks consist of a large number of nodes densely dispersed in an area of interest to measure certain phenomena. They focus on the study and implementation of new bio-inspired algorithms named meta-heuristics. In this study, one of the most important challenges of the wireless sensor network has been addressed, and without solving it, the information obtained by the sensors is useless, namely the problem of localization i.e. determining the locations of the randomly distributed sensors. To solve the localization problem we used the Harris-hawks algorithm (HHO) to obtain a robust and stable localization system. To implement our proposal, we simulated it in the MatLab environment. In order to evaluate its effectiveness, we compared it with two previous works (PSO-FOA) and (PSO-TABOU). The HHO simulation and the experimental study showed the efficiency of the proposed algorithm.

Keywords: WSNs, Harris Hawks, meta-heuristics, HHO algorithm.

المخلص:

في السنوات الأخيرة ، أصبحت شبكات الاستشعار اللاسلكية (WSNs) من الأبحاث الشيقة للغاية. حيث تتكون هذه الشبكات من عدد كبير من العقد الموزعة بكثافة في منطقة ذات أهمية لقياس ظواهر معينة. يركزون على دراسة وتنفيذ خوارزميات جديدة مستوحاة من الأحياء تسمى meta-heuristics. في هذه الدراسة تم تناول أحد أهم تحديات شبكة المستشعرات اللاسلكية ، وبدون حلها فإن المعلومات التي حصلت عليها المستشعرات غير مجدية وهي مشكلة المواقع أي تحديد مواقع المستشعرات الموزعة عشوائياً. لحل مشكلة التموقع ، استخدمنا خوارزمية (Harris-hawks HHO) للحصول على نظام توطين قوي ومستقر. لتنفيذ اقتراحنا ، قمنا بمحاكاته في بيئة MatLab . من أجل تقييم فعاليتها ، قمنا بمقارنتها مع عمليتين سابقتين (PSO-FOA) و (PSO-TABOU). أظهرت محاكاة (HHO) والدراسة التجريبية كفاءة الخوارزمية المقترحة.

الكلمات الرئيسية: RCSFs ، Harris Hawks ، meta-heuristics ، HHO algorithm.

Table des matières

Remerciment	i
Dédicase	ii
Résumé	iii
Sommaire	iv
Liste des figures	v
Liste des Tableaux	vi
Liste des Abréviations	vii
Introduction générale	1

Chapitre I : Réseau de capteur sans fil

I.1 Introduction.....	3
I.2 Capteur.....	3
I.2.1 Définition du capteur	3
I.2.3 Architecteur de capteur	4
I.2.3.1 Unité de traitement.....	5
I.2.3.2 Unité de transmission.....	5
I.2.3.3 Unités de control d'énergie	5
I.2.3.4 Unités de captage:	5
I. 3 Réseau de capteur sans fil	5
I. 3. 1 Définition	5
I. 3.2 Architecteur de RCSF	6
I.3.3 Application de RCSF	7
I.3.3.1 Applications militaires	7
I.3.3.2 Applications environnementales	8
I.3.3.3 Applications médicales (santé).....	9
I.4 Challenge des réseaux de capteurs sans fil.....	9
I.4.1 Efficacité énergétique.....	9
I.4.2 Limitations en temps réel.....	10
I.4.3 Restrictions de distance entre les nœuds	10
I.4.4 Coût.....	10
I.4.5 Topologie	11
I.4.6 La restriction énergétique.....	11

I.4.7 La localisation	11
I.4.8 L'auto-organisation.....	11
I.5 Conclusion	12

Chapitre II Localisation dans les RCSFs

II.1 Introduction.....	14
II.2 Définition d'un système de localisation	14
II.3 Pourquoi la localisation	14
II.4 Le processus de localisation dans les RCSF	14
II.4.1 Cartographie des paramètres.....	14
II.4.2 Estimation de la distance	15
II.4.3 Algorithme de localisation.....	15
II.5 Système de localisation.....	15
II.5.1 Normes du système de localisation.....	15
II.6 La localisation dans les RCSF	16
II.6.1 Estimation des distances	16
II.6.2 Dérivation des positions.....	17
II.7 Caractérisation des méthodes.....	17
II.7.1 Technique de dérivations des positions	18
II.7.1.1 Triangulation.....	18
II.7.1.2 Trilatération et Multilatération.....	18
II.7.2 Techniques d'estimations de distances	20
II.7.2.1 Les méthodes range-based	20
II.7.2.2 Les méthodes range-free	21
II.8 Algorithmes de localisation existants.....	21
II.8.1 Les algorithmes de localisation DV-Hop et DV-Distance	21
II.8.2 APIT	22
II.8.3 Centroid	22
II.9 Conclusion	23

Chapitre III Optimisation par Harris Hawks

III.1 Introduction	25
III.2 Problème d'optimisation.....	25

III.3 Méta-heuristique d'optimisation.....	25
III .3 . 1 Classification des techniques d'optimisation.....	26
III .4 L'optimisation par Harris Hawks	26
III.5 Historique	26
III.6 Une brève description de l'algorithme HHO.....	27
III.6.1 Phase d'exploration.....	27
III.6.2 Transition de l'exploration à l'exploitation.....	28
III .6.3 Phase d'exploitation	28
III .6.3.1 Assiège doux	28
III.6.3.2 Assiéger dur.....	29
III.6.3.3 Siège doux avec des plongées rapides progressives	29
III.6.3.4 Siège dur avec des plongées rapides progressives	29
III .7 Pseudo codes de l'algorithme d'optimisation Harris Hawks.....	30
III .8 Organigramme de l'algorithme HHO.....	31
III .9 Domaine d'application	31
III .10 Avantages et inconvénients HHO.....	32
III.10.1 Avantages	32
III.10.2 Inconvénients.....	32
III .11 Conclusion.....	32

Chapitre IV Contribution et Implémentation

IV.1 Introduction.....	34
IV.2 Le langage de programmation utilisé.....	34
IV.4 Formulation de problème de localisation	36
IV.5 Description générale de l'approche de localisation proposée.....	37
IV.5.1 : L'organigramme de fonction prépose	39
IV.6 Description des étapes d'exécution d'application	40
IV.6.1 Choix des paramètres de réseau	40
IV.6.2 Déploiement des capteurs.....	40
IV.6.3 Choix du paramètre de Harris Hawks	40
IV.6.4 Localiser par l'algorithme proposé	41
IV.7 Évaluation de l'algorithme proposé.....	41
IV.7.1 La précision de localisation.....	41

IV.7.2 Évaluation de notre proposition	42
IV.7.3 La précision par rapport le nombre des capteurs	42
IV.7.4 Précision par rapport au rayon de connectivite	43
IV.7.5 La précision par rapport aux nombre des ancrs	44
IV.7.6 La précision par rapport la population.....	45
IV.7.7 La précision par rapport le nombre d'itération.....	46
IV.8 Conclusion.....	47
Conclusion générale	49
Bibliographie	51

Chapitre I : Réseau de capteur sans fil

Figure I.1 : Capteur sans fils.....	3
Figure I.2: Architecture d'un réseau de capteurs.....	4
Figure I.2 : Architecture d'un réseau de capteurs sans fil.....	6
Figure I.3 : Architecture et pile protocolaire d'un réseau de capteurs.....	6
Figure I.4: Un service militaire utilisant les RCSF.....	8
Figure I.5: Applications environnementales.....	8
Figure I.6: Les RCSF dans le domaine médical.....	9

Chapitre II Localisation dans les RCSFs

Figure II.1 Phases principale d'un système de localisation.....	15
Figure II. 2 Processus de la localisation.....	17
Figure II 3 : Graphe représentant la Triangulation.....	18
Figure II. 4 Graphe représentant la Trilatération	19
Figure II. 5 La méthode APIT.....	22

Chapitre III Optimisation par Harris Hawks

Figure III.1 Classification des techniques d'optimisation.....	26
Figure III.2 Le faucon de Harris et leurs comportements.....	27
Figure III.3 Organigramme de l'algorithme d'optimisation par Harris Hawks.....	31

Chapitre IV Contribution et Implémentation

Figure IV. 1 :L'interface de MATLAB.....	35
Figure IV .2 : L'organigramme de fonction prépose.....	39
Figure IV .3: L'interface de simulation.....	40
Figure IV .4 : Exemple de localisation par l'algorithme proposée.....	41
Figure IV . 5 : Erreur de localisation par rapport nombre de capteurs.....	43
Figure IV .6 :Erreur de localisation par rapport rayon de connectivite.....	44
Figure IV .7 : Erreur de localisation par rapport nombre des ancrs.....	45
Figure IV. 8: Erreur de localisation par rapport la taille de Population.....	46
Figure IV .9: Erreur de localisation par rapport nombre d'itération.....	47

Chapitre II Localisation dans les RCSFs

Tableau II .1 : Comparaison des méthodes de dérivation de positions ...	19
Tableau II. 2 : comparaison des techniques d'estimation des distances	21
Tableau II.3 : Caractéristiques des algorithmes de localisation dans les RCSFs	23

Chapitre IV Contribution et Implémentation

Tableau IV.1: Caractéristiques de l'ordinateur.....	35
Tableau IV.2: Analogie entre les Faucons en nature et l'optimisation	36
Tableau IV.3 : Les paramètres d'évaluation.....	42

Acronyms

AoA : Angles d'Arrivée

DV-Hop : Distance Vector Hop

FOA : Fruit Fly Optimization

GPS : Global Positioning System

HHO : Harris Hawks Optimisation

RCSFs : Réseau de Capteur Sans Fils

RSSI : Received Signal Strength Indication

TDOA : Time Difference Of Arrival

TOA : Time Of Arrival

PSO : Particle Swarm Optimization

Introduction générale

Les réseaux de capteurs sans fil sont des systèmes constitués d'un grand nombre de nœuds de capteurs, densément distribués et interconnectés via un support sans fil. Leur mission principale est de collecter et de transmettre en temps réel des informations environnementales, pour répondre aux besoins d'observation et de surveillance de divers phénomènes physiques tels que la météorologie, l'état des ouvrages, la sécurité et la surveillance, etc. L'emplacement exact de ces nœuds est essentiel à la couverture du réseau et à son fonctionnement efficace.

L'installation de capteurs GPS sur chaque nœud de capteur est souvent difficile et coûteuse. Par conséquent, des méthodes de localisation alternatives ont été développées pour résoudre ce problème. Ces nœuds sont souvent appelés des ancres et ils connaissent leur emplacement.

Ces dernières années, de nombreux chercheurs se sont concentrés sur les méthodes d'optimisation pour résoudre le problème de localisation des réseaux de capteurs sans fil. Ces méthodes utilisent des propriétés descriptives pour améliorer la précision de positionnement des capteurs et réduire les erreurs de positionnement.

La localisation précise des nœuds de capteurs est essentielle au bon fonctionnement des réseaux de capteurs sans fil. Méthodes alternatives de localisation, l'objectif de notre travail est de simuler l'algorithme de Harris Hawks, un des algorithmes Méta heuristiques, pouvant être utilisé pour résoudre le problème de localisation dans ce type des réseaux.

Ainsi, Ce mémoire se divise en quatre chapitres.

Dans le premier chapitre : il présente et définit les bases des réseaux de capteurs sans fil et les défis auxquels est confrontés.

Le deuxième chapitre : présent une étude détaillée de la localisation dans les réseaux de capteurs sans fil.

Le chapitre trois : fournit une description détaillée de l'algorithme de recherche HHO.

Dans le quatrième chapitre : l'application de l'algorithme HHO au problème de localisation dans les réseaux de capteurs sans fil

Enfin, nous terminerons par une conclusion générale.

Réseau de capteur sans fil

Sommaire

I.1 Introduction

I.2 Capteur

I.2.1 Définition de capteur

I.2.2 Type de capteur

I.2.3 Architecteur de capteur

I.3 Réseau de capteur sans fil

I.3 .1 Définition de RCSF

I. 3.2 Architecteur de RCSF

I. 3.3 Application de RCSF

I.4 Challenge des réseaux de capteurs sans fil

I.3 Conclusion

I.1 Introduction

Les réseaux de capteurs sans fil (RCSF) sont un domaine en pleine expansion, avec des applications très importantes dans la gestion de l'environnement, l'énergie et les économies, et l'instrumentation.

Son importance est également due à ses nombreux domaines d'application tels que la détection et la surveillance des catastrophes, l'agriculture de précision, les transports intelligents, la médecine et la santé, la surveillance et la maintenance préventive des machines et le contrôle du climat, la cartographie de l'environnement et de la biodiversité, etc.

Dans ce chapitre nous donnons d'abord un aperçu des réseaux de capteurs qui est un sur ensemble des réseaux de capteurs sans fil, sa définition et ses composants en détail et donc ses caractéristiques, puis nous décrivons le domaine d'application de ce type de réseau et complétons par une conclusion.

I.2 Capteur

I.2.1 Définition du capteur

Un capteur est un petit appareil électronique capable d'acquérir une grandeur physique (température, lumière, pression, vibration, etc.) à mesurer et de la transmettre à un centre de contrôle pour traitement [1].



Figure I.1 : Capteur sans fils [2].

I.2.2 Types de capteurs

- ✓ Nous pouvons les classer en deux catégories.
 - Capteurs actifs
 - Capteurs passifs

- ✓ **Capteurs actifs**

Le capteur actif agit comme un générateur, et dépend généralement de l'influence de la physique qui assure la conversion en énergie électrique sous forme d'énergie par la grandeur physique en prise, thermique, mécanique ou rayonnante [3].

- ✓ **Capteurs passifs**

Il s'agit généralement de capteurs résistifs sensibles à la grandeur mesurée. Ils ont besoin d'être alimentés pour fonctionner [3].

I.2.3 Architecteur de capteur

Un nœud de capteur comporte quatre unités de base : une unité de capture, une unité de transmission, une unité de surveillance de l'énergie et une unité de traitement. Selon le domaine d'application, il existe des modules supplémentaires tels que le GPS ou le groupe électrogène. Système (cellules solaires) [4].

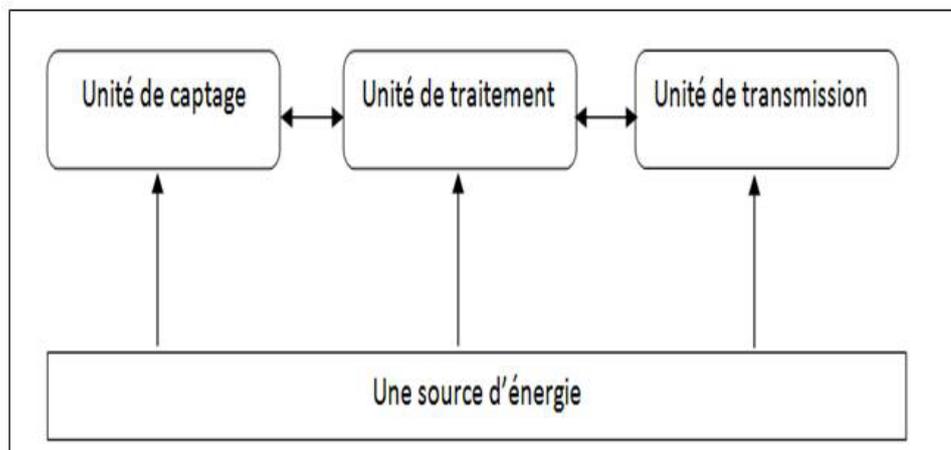


Figure I.2: Architecture d'un réseau de capteurs [5].

I.2.3.1 Unité de traitement :

Il traite, stocke et analyse les données temporaires, perpétuées par le système d'exploitation, et est responsable de la mise en œuvre des protocoles de communication permettant au nœud de coopérer avec d'autres nœuds du réseau [4].

I.2.3.2 Unité de transmission :

Il se compose d'un ou plusieurs capteurs. Il prend des mesures sur les paramètres environnementaux et les convertit en signaux numériques via un convertisseur ADC, puis les envoie à l'unité de traitement [6].

I.2.3.3 Unités de control d'énergie:

Les systèmes de recharge gèrent l'énergie de l'environnement surveillé, comme les cellules solaires, pour vérifier la puissance restante et mesurer la durée de vie des capteurs, afin de prolonger la durée de vie totale du réseau [6].

I.2.3.4 Unités de captage:

Un capteur chargé de fournir des signaux analogiques, de les convertir en signaux numériques et de les transmettre à l'unité de traitement [6].

I. 3 Réseau de capteur sans fil**I. 3. 1 Définition**

Les réseaux de capteurs sans fil (RCSF) sont des réseaux de microsystèmes indépendants déployés dans une zone géographique ils ont d'agrégation entre eux via une liaison sans fil. Il est généralement constitué d'un grand nombre de capteurs placés à un emplacement fixe ou dispersés de manière aléatoire. Les éléments de ce réseau sont constitués d'un très grand nombre de capteurs capables de collecter des données environnementales et de les transmettre au nœud passerelle de manière indépendante, et d'effectuer un routage vers le nœud qui est un point de collecte [7], Les capteurs qui le composent sont capables de faire trois tâches complémentaires sont :

- ✓ Le prélèvement d'une grandeur physique .
- ✓ Traitement éventuel de ces informations .
- ✓ Communication avec d'autres capteurs . . . etc.

I. 3.2 Architecteur de RCSF

Un réseau de capteurs sans fil se caractérise par le déploiement dense d'un grand nombre de nœuds. Il collecte ses données (selon le protocole de communication 9) pour accéder au nœud central de traitement (connu sous le nom de Sink) [8]. L'architecture du réseau est illustrée à la figure 2.

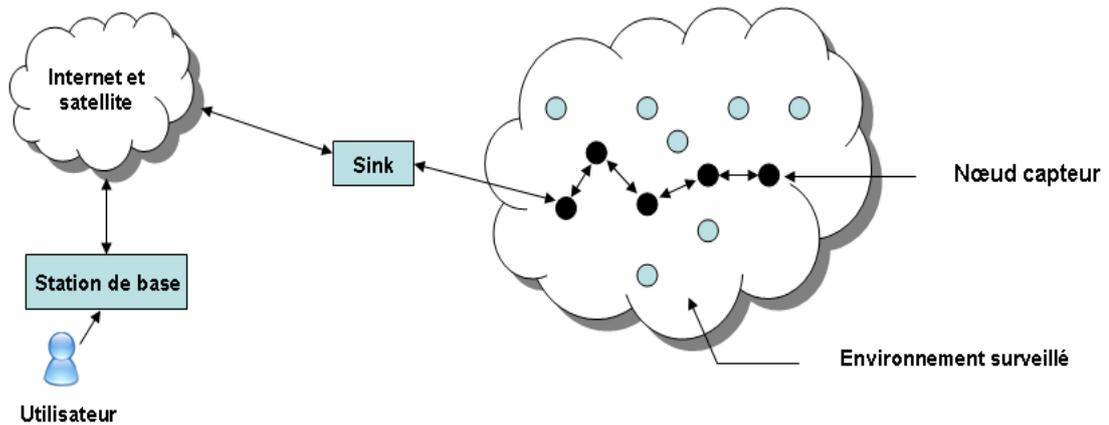


Figure I.2 : Architecture d'un réseau de capteurs sans fil.

Un nœud capteur est constitué de plusieurs composants dont la représentation est visible sur la figure I.3. Les trois principaux sont détaillés ci-dessous.

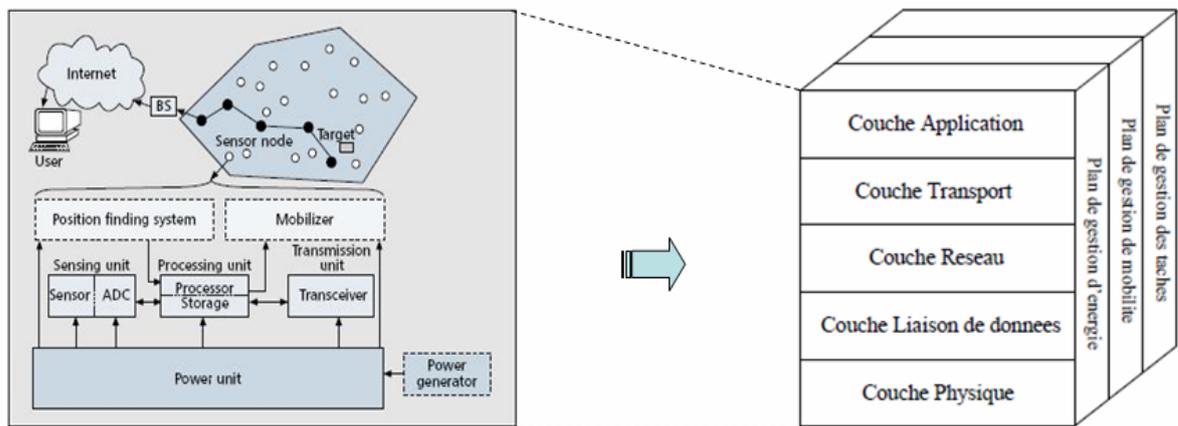


Figure I.3 : Architecture et pile protocolaire d'un réseau de capteurs.

✓ **Unité de capture et d'acquisition :**

Contient des modules de détection (noeud multifonctionnel). Cette unité a pour rôle d'échantillonner et de convertir des signaux physiques en signaux électriques (de l'analogique au numérique). Les données collectées ont fait l'objet d'un traitement par l'unité de traitement. Il existe différents types de capteurs généraux tels

que les capteurs d'humidité, de température, de présence (emplacement), etc. D'autres types de capteurs spécifiques peuvent être incorporés tels que des capteurs de glucose, des capteurs de pression artérielle, des capteurs de pouls, des capteurs de CO₂, des capteurs d'accélération/gyroscope, etc. Chaque type de capteur a des exigences de délai et de débit [9].

✓ **Unité de traitement:**

Ce type de réseau est équipé d'un microcontrôleur avec un niveau de cohérence raisonnable. Les modes de fonctionnement dépendent du type de microcontrôleur. La quantité de données reçues par cette unité dépend du principe de deux composants : les données de queue capturées (pour la boucle who-is-meme) et les données reçues de sa voix dans le réseau. De nouveaux et nouveaux algorithmes de collecte sont conçus pour réduire la quantité de données transmises par le capteur [9].

✓ **Unité de communication :**

La liaison sans fil offre de nombreux avantages en termes de mobilité des personnes et de facilité d'installation du réseau de capteurs à domicile. Ce module de communication consomme le plus d'énergie et dispose de quatre modes de fonctionnement : émission "Tx", réception "Rx", repos "idle" et mode veille "Sleep". Mettre l'émetteur-récepteur en mode veille permet au capteur d'économiser de l'énergie. La quantité de puissance nécessaire pour assurer la communication dépend de la distance entre l'émetteur et le récepteur ainsi que du nombre de nœuds pouvant transmettre des informations. La portée de communication dépend de la technologie sans fil (entre 10 et 100 mètres) [9].

I.3.3 Application de RCSF

Parmi les domaines d'application où la technologie des réseaux de capteurs est la plus intéressante et la plus efficace figurent :

I.3.3.1 Applications militaires

Rapidité de déploiement et auto-configuration sont les caractéristiques qui font de ce type de réseau un outil tangible dans ce domaine. Déploiement à un endroit stratégique afin de surveiller toutes les activités des forces ennemies ou d'analyser le terrain avant d'y envoyer des troupes (comme la détection d'agents biologiques, chimiques ou radiologiques) [10] .



Figure I.4: Un service militaire utilisant les RCSF.

I.3.3.2 Applications environnementales

Il existe plusieurs capteurs pour détecter et surveiller les catastrophes naturelles et les phénomènes météorologiques et détecter la pollution, par exemple : (inondations, tremblements de terre, éruptions volcaniques) et (qualité de l'eau, taux d'ensoleillement, taux de radioactivité, fuite de pétrole, taux de dioxyde de carbone...) [1] .



Figure I.5: Applications environnementales.

I.3.3.3 Applications médicales (santé)

Les réseaux de capteurs sans fil ont aidé les humains à diagnostiquer de nombreuses maladies, en effectuant des mesures physiologiques telles que : la pression artérielle, la fréquence cardiaque, ... [10].

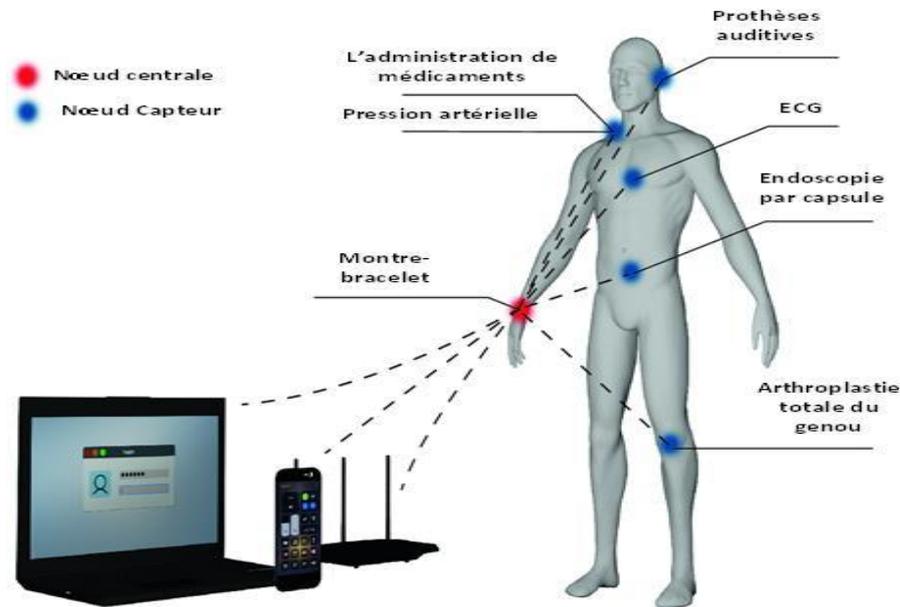


Figure I.6: Les RCSF dans le domaine médical

I.4 Challenge des réseaux de capteurs sans fil

L'utilisation du RCSF a considérablement augmenté et s'est développée ces dernières années. L'objectif principal est de mettre en œuvre des petits dispositifs, peu coûteux et efficaces. Afin de concevoir ce dernier, plusieurs défis ont été relevés [11], et certains des défis de conception les plus courants sont :

I.4.1 Efficacité énergétique : Les capteurs sont généralement alimentés par des batteries aux capacités limitées. En termes d'autonomie, la batterie idéale doit correspondre à la durée de la tâche pour laquelle le capteur est conçu. Cependant, certaines tâches consomment plus d'énergie, comme .Communication[11]. Certains des défis auxquels les concepteurs sont confrontés dans la régulation de la consommation d'énergie incluent :

- ❖ États de commutation : afin de contrôler la consommation d'énergie pendant les communications, les émetteurs-récepteurs sont conçus pour être dans l'un des états suivants : actif, passif ou en veille.

- ❖ Batteries rechargeables et non rechargeables : Le fait qu'une batterie puisse être rechargée ou non affecte significativement la stratégie appliquée

Consommation d'énergie. Si les capteurs doivent fonctionner dans des conditions environnementales extrêmes, il est recommandé d'utiliser des batteries rechargeables telles que des panneaux solaires. Cependant, les piles rechargeables sont plus chères que les piles jetables ; Ce qui signifie que vous devez faire des compromis entre le coût, la consommation d'énergie et donc la fiabilité globale d'un réseau.

I.4.2 Limitations en temps réel : Un exemple d'application de capteur dépendant du temps est le système. Détection d'incendie. Cependant, l'investigation en temps réel dans RCSF est assez difficile en raison de certains problèmes de réseau courants, tels que; les embouteillages et le bruit, Ce qui peut entraîner des messages perdus ou déformés, ainsi que des perturbations de la communication. Bien qu'il y ait certaines conséquences à assurer le temps réel dans RCSF, la majorité des protocoles ignorent le temps réel ou essaient simplement de traiter les données rapidement. Ainsi, il est important pour les concepteurs de développer des protocoles en temps réel qui permettent de traiter limitations en temps réel de RCSF telles que les messages perdus, bruit et foule. C'est difficile car jusqu'à présent, très peu de résultats ont satisfait aux exigences en temps réel des réseaux de capteurs sans fil[11].

I.4.3 Restrictions de distance entre les nœuds : Il convient d'envisager de réduire la transmission à courte portée afin de réduire la consommation d'énergie pendant la transmission. Cependant, afin de rendre le réseau plus économe en énergie en divisant les grandes distances entre les nœuds en plusieurs distances plus courtes, un autre défi auquel les concepteurs de RCSF sont confrontés est de prendre en charge les connexions et le routage multi-sauts. Dans une connexion à sauts multiples, les nœuds capteurs agissent comme des relais vers d'autres nœuds et doivent coopérer les uns avec les autres pour trouver la route la plus efficace pour transmettre les données à la station de base[11].

I.4.4 Coût : Le réseau de capteurs sans fil se compose d'un grand nombre de nœuds et le coût d'un nœud est très élevé. Par conséquent, le coût par nœud capteur doit rester faible[11].

I.4.5 Topologie : Le grand nombre de nœuds de capteurs inaccessibles et non supervisés et les pannes fréquentes font de la maintenance de la structure une tâche ardue Favorable

Même des milliers de nœuds sont dispersés dans un environnement distant de plusieurs dizaines de mètres[11].

I.4.6 La restriction énergétique : est l'un des défis majeurs des réseaux de capteurs intelligents en raison de leur omniprésence dans les zones reculées telles que les déserts, les forêts ou les zones militaires. Les nœuds de ces réseaux reposent généralement sur des batteries à durée de vie limitée, sans possibilité de recharge. Cela signifie que la durée de vie d'un nœud est directement liée à sa batterie. Ainsi, la réduction de la consommation d'énergie est cruciale. Pour atteindre cet objectif, des technologies telles que l'échantillonnage basse fréquence, la veille sélective des composants, la transmission efficace des données et la gestion intelligente de l'alimentation sont mises en œuvre. Ces approches permettent de prolonger la durée de vie des nœuds tout en maintenant les performances du réseau malgré des limitations de puissance limitées [19] .

I.4.7 La localisation revêt une importance cruciale dans les réseaux de capteurs intelligents (RCSF). Lorsqu'un terminal de RCSF, également appelé station de base, reçoit des informations sur un événement provenant d'un nœud capteur, ces informations ne sont considérées utiles que si l'on connaît précisément l'emplacement ou la position où l'événement s'est produit. Ainsi, la localisation joue un rôle central dans les RCSF, car elle permet de déterminer avec précision les lieux où se produisent les événements et influence la façon dont les RCSF sont gérés [19].

I.4.8 L'auto-organisation : est une caractéristique essentielle dans la conception des réseaux de capteurs intelligents (RCSFs), car ils sont souvent déployés dans des environnements hostiles. Les nœuds des RCSFs peuvent faire face à des défaillances en raison de conditions environnementales difficiles ou de l'épuisement des batteries. Par conséquent, il est crucial que le réseau soit capable de se reconfigurer périodiquement afin de maintenir son fonctionnement, même en présence de nœuds défaillants. Idéalement, de nouveaux nœuds peuvent également être ajoutés au réseau. Bien que des nœuds individuels puissent se déconnecter du réseau, il est important que la majeure partie du réseau continue à fonctionner de manière optimale[19].

I.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les réseaux de capteurs sans fil (RCSF), Quelques définitions et applications de base. Dans le chapitre suivant, nous présenterons différentes techniques de localisation dans un réseau de capteurs sans fil avec un plan méthodologique.

Localisation dans les RCSFs

Sommaire

II.1 Introduction

II.2 Définition d'un système de localisation

II.3 Pourquoi la localisation

II.4 Le processus de localisation dans les RCSF

II.5 Système de localisation

II.6 La localisation dans les RCSF

II.7 Caractérisation des méthodes

II.8 Algorithmes de localisation existants

II.9 Conclusion

II.1 Introduction

La géolocalisation joue un rôle essentiel dans la détection d'événements dans la plupart des applications de RCSF. Il s'agit de surveiller les mouvements ennemis du côté militaire ou de surveiller les feux de forêt..., trouver l'emplacement de chaque capteur est un problème crucial dans le développement de ces réseaux. Dans ce chapitre, nous présenterons le problème de localisation statique dans un réseau de capteurs, ses propriétés, les différentes méthodes d'estimation des distances entre les nœuds de réseau, et enfin nous conclurons par des généralistes sur les algorithmes de localisation existants.

II.2 Définition d'un système de localisation

La localisation est un processus important dans les RCSF et peut être essentielle dans de nombreuses applications. Afin d'obtenir des positions pour fournir des informations et des données géographiques. Cela dépend d'un petit groupe de nœuds bien répartis avec des emplacements connus, et pour calculer la position des nœuds connus, nous avons recours à un système de positionnement tel que le GPS...etc [12].

II.3 Pourquoi la localisation

La position des informations collectées est essentielle pour surveiller toute zone couverte par le RCSF, afin de déterminer les coordonnées géographiques des différents capteurs et également pour développer des protocoles permettant d'orienter les informations collectées de différentes manières, aléatoires ou non.

Un GPS équipé d'un système de positionnement global est utilisé mais il est très coûteux du point de vue matériel et énergie. Afin de réduire tous ces problèmes, nous recourons à différentes méthodes d'amélioration, que nous mentionnerons plus tard [5].

II.4 Le processus de localisation dans les RCSF

Pour pouvoir localiser, plusieurs problèmes s'imposent, dont le plus important est le problème matériel et les technologies logicielles utilisées, que nous expliquerons plus tard...

II.4.1 Cartographie des paramètres :

En connaissant certaines des positions des nœuds de réseau nommés (ancres) dans un système de coordonnées donné et les positions relatives des autres nœuds associés à ces

ancres, de sorte qu'en "cartographiant" les positions absolues des nœuds dans le même système sont trouvés. Alors, quel est le « choix » correct des points de référence (ancres).

II.4.2 Estimation de la distance :

Ce processus dépend fortement de l'équipement de communication utilisé. En d'autres termes, en collectant des indicateurs de qualité de connexion, différents nœuds peuvent estimer leurs distances les uns par rapport aux autres.

II.4.3 Algorithme de localisation :

Des algorithmes de positionnement sont utilisés pour calculer les positions finales en fonction des positions des ancres d'un côté et des distances estimées entre les nœuds et les ancres de l'autre côté. Ce processus implique généralement de définir une technique de système de coordonnées pour estimer les distances entre les nœuds et un algorithme pour dériver les positions absolues des nœuds inconnus [13].

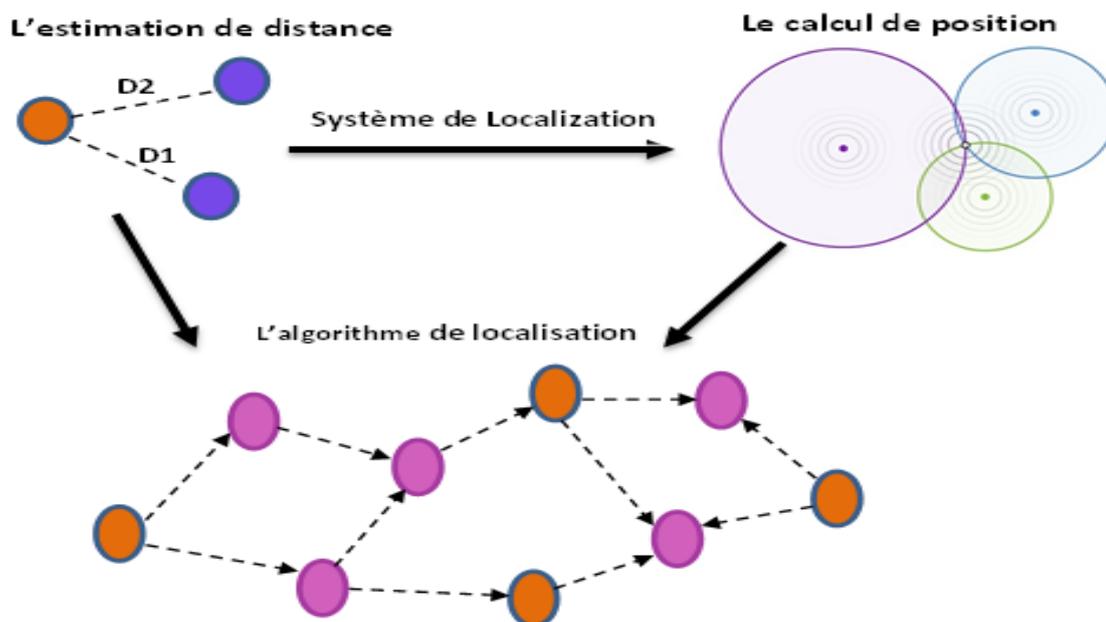


Figure II.1 Phases principale d'un système de localisation

II.5 Système de localisation

II.5.1 Normes du système de localisation :

Cette liste n'est pas exhaustive des critères de positionnement. Nous ne pouvons pas prendre en compte tous ces critères lors du développement d'un algorithme de localisation. Cependant,

il peut être intéressant de les garder à l'esprit afin d'affiner notre méthode selon tel ou tel critère [13].

- ❖ **Précision de localisation** : On parle de l'erreur (ou distance euclidienne) qu'il y a entre les positions réelles des nœuds et les positions estimées par la méthode de localisation.
- ❖ **Efficacité dans l'utilisation des ressources du RCSF (Coût énergétique)** Dans les RCSF, une gestion de l'énergie très économique est nécessaire et comme le facteur dominant de la consommation d'énergie est la communication radio, il faut trouver un algorithme qui communique le moins possible via la radio.
- ❖ **Évolutivité** : l'algorithme a-t-il la capacité de s'exécuter sur un réseau de plusieurs milliers de nœuds ? Et si oui, est-ce toujours aussi efficace ? Ce critère est lié au fait que l'algorithme n'est pas représentable de manière distribuée ou non.
- ❖ **Robustesse au bruit** : Il est nécessaire d'analyser le comportement de l'algorithme face au bruit rencontré dans les mesures de distances avec les voisins.
- ❖ **Faible tolérance de connexion** : l'algorithme fonctionne-t-il dans un réseau à faible connexion (un réseau où chaque nœud ne sait communiquer qu'avec un petit nombre de ses voisins) ? Comment les performances de l'algorithme sont-elles affectées dans ce cas ?
- ❖ **Réponse du système** : à quelle vitesse le système de suivi peut-il nous renvoyer les emplacements des nœuds ? Ceci est particulièrement important lorsqu'il s'agit de nœuds de téléphonie mobile et de suivi de cible.

II.6 La localisation dans les RCSF

La méthode de localisation dans les réseaux de capteurs consiste en deux étapes principales : estimation des distances et dérivation des positions [5].

II.6.1 Estimation des distances :

La distance entre deux nœuds dans le RCSF est essentielle pour estimer l'emplacement du nœud. Afin d'estimer cette distance, nous nous appuyons sur l'une des méthodes suivantes : Les méthodes sans échelle estiment la distance entre nœuds en utilisant des informations de communication entre nœuds pour localiser des emplacements de nœuds inconnus, ou en mesurant la distance entre nœuds obtenue grâce au signal radio [5].

II.6.2 Dérivation des positions :

Cette étape nous permet de trouver les positions des nœuds qui respectent le mieux l'espacement estimé entre les nœuds. Une fois que nous connaissons les emplacements de certains nœuds du réseau dans un système de coordonnées particulier, nous pouvons trouver les emplacements des autres nœuds dans le système de coordonnées [5].

Le processus de localisation est illustré à la Figure II.2.

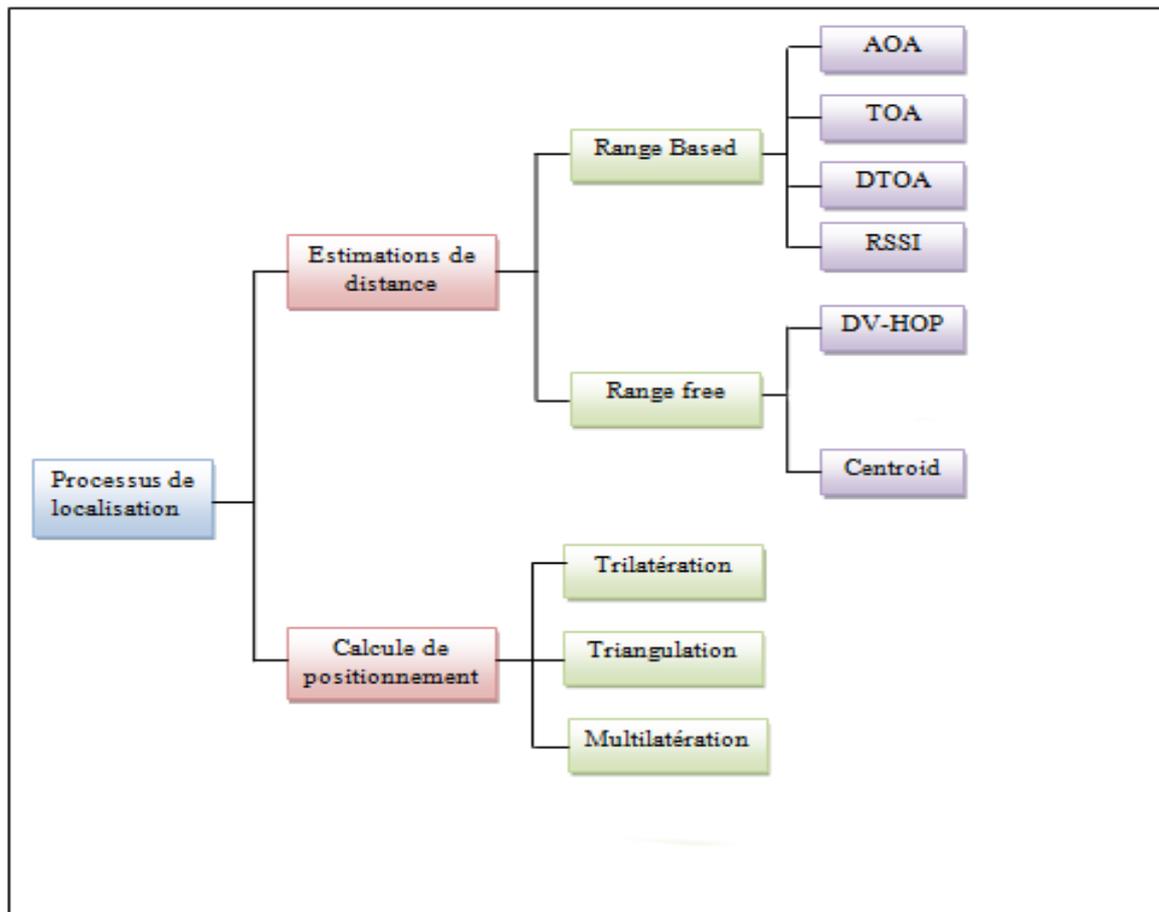


Figure II. 2 Processus de la localisation

II.7 Caractérisation des méthodes :

Il existe de nombreuses façons de résoudre le problème de localisation, et chaque méthode a des avantages et des inconvénients.

II.7.1 Technique de dérivations des positions :

Cette partie contient une estimation de la position d'un nœud à l'aide des informations de distance précédemment obtenues et de l'emplacement des ancrs [5].

II.7.1.1 Triangulation :

La triangulation est un algorithme qui détermine la position d'un nœud en mesurant l'angle entre le nœud et les ancrs. Dans ce cas, il faut au moins trois ancrs. Le nœud indéterminé estime ses angles avec chaque ancre. Selon les angles estimés et les emplacements des ancrs, le nœud calcule sa position en utilisant les lois de la trigonométrie [14].

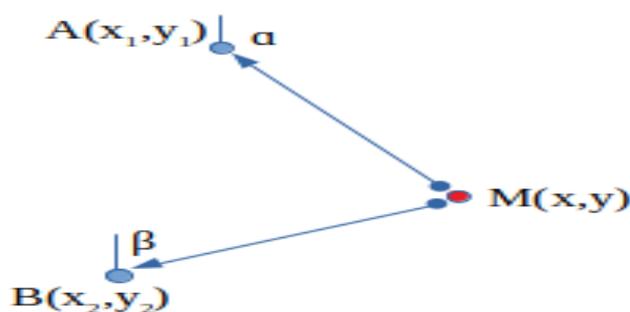


Figure II 3 : Graphe représentant la Triangulation.

II.7.1.2 Trilatération et Multilatération:

Algorithme de triangulation. Utilisé pour estimer la position d'un nœud à l'aide de trois ancrs. Estimer la position du nœud, il faut connaître la distance entre le nœud et l'ancrage. La distance peut être estimée à l'aide de l'une des méthodes décrites dans la première partie. Ensuite nous dessinons un cercle autour de chaque ancre. De rayon égal à la distance entre cette ancre et le nœud à localiser, le recouvrement de ces trois cercles est la position de ce nœud [14]. La figure suivante montre le principe de localisation à l'aide de triple.

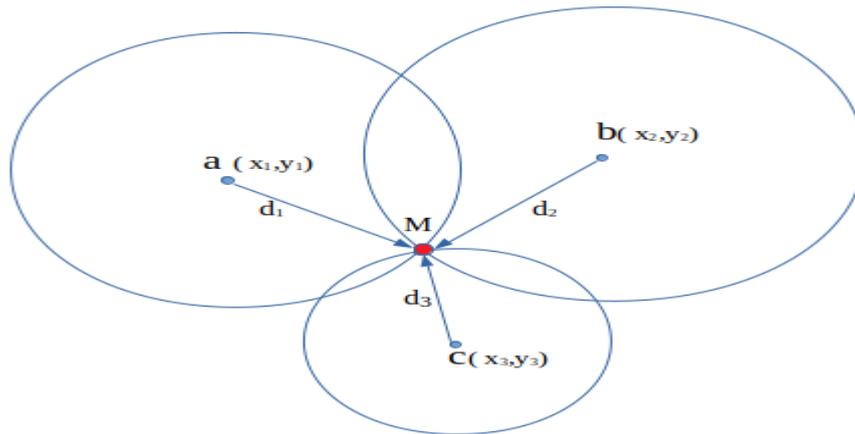


Figure II. 4 Graphe représentant la Trilatération .

Le calcul des coordonnées du nœud à localiser se fait en appliquant les équations suivantes :

$$(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 = d_1^2 \quad \text{(II.1)}$$

$$(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 = d_2^2 \quad \text{(II.2)}$$

$$(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 = d_3^2 \quad \text{(II.3)}$$

(x_i, y_i) : Les coordonnées des ancres.

d_i : La distance entre le nœud à localiser et l' $i^{\text{ème}}$ ancre.

(x, y) : Les coordonnées de nœud a localisée M.

La multilatération a le même principe que la trilatération, en utilisant un nombre supplémentaire d'ancres (plus que trois).

Tableau II .1 : Comparaison des méthodes de dérivation de positions[5]

Méthode	Nombre de références	Angle	Distance	Complexité temporelle	Défis
Trilatération	3	Non	Oui	$O(1)$	Sensible aux imprécisions des distances
Triangulation	3	Oui	Non	$O(1)$	Besoin de matériel supplémentaire
Multilatération	$n \geq 3$	Non	Oui	$O(n^3)$	Complexité du calcul

II.7.2 Techniques d'estimations de distances :

Il existe plusieurs techniques basées sur le rayon de contact pour estimer l'emplacement du nœud. Certains algorithmes de localisation basés sur le domaine .

II.7.2.1 Les méthodes range-based

Ces méthodes estiment la distance entre le contrat en utilisant la distance entre elles pour l'obtenir grâce au signal radio, puis les sites du contrat sont dérivés de ces distances.

II.7.2.1.1 Angles d'Arrivée (AoA : Angle d'Arrivée) :

Calcule l'angle d'arrivée du signal formé entre deux capteurs pour que les nœuds soient équipés d'un ensemble de petites antennes [14].

II.7.2.1.2 Heure d'arrivée (ToA : heure d'arrivée) :

Dans cette technique, le capteur récepteur obtient sa distance par rapport au capteur émetteur en calculant . La différence entre les dates d'envoi et de réception. En supposant que la vitesse

La propagation est connue, le nœud récepteur peut facilement calculer la distance en Rapport de la source [14].

II.7.2.1.3 Décalage horaire d'arrivée (TdoA : décalage horaire d'arrivée) :

Cette technologie mesure la différence de temps entre deux signaux qu'elle envoie même nœud. Le premier nœud envoie deux signaux simultanément. pour chaque Le signal est reçu, le deuxième noeud enregistre son heure d'arrivée. Ainsi, dans En supposant que la vitesse de propagation est connue, le deuxième nœud (nœud récepteur) peut calculer la différence et la distance entre lui et l'expéditeur [14].

II.7.2.1.4 Indicateur de puissance du signal reçu (RSSI : Received Signal Strenght Indication) :

La technologie RSSI est utilisée dans de nombreuses applications .En raison de sa simplicité et de son faible coût. Chaque nœud peut mesurer la puissance pour le signal reçu de chaque paquet de données entrant sans affecter la puissance. La distance entre l'expéditeur du paquet et le destinataire est obtenue à partir de ce force du signal reçu [14].

Tableau II. 2 comparaison des techniques d'estimation des distances[5]

Méthode	Précision	Distance Maximal	Matériel supplémentaire	Défis
RSSI	2-4 m	La porté	Rien	Variations du RSSI Interférences
TOA	2-3 m	La portée	Rien	Synchronisation des nœuds
TDOA	2-3 m	Quelque mètre (2- 10 m)	Capture à ultrason	La distance maximale
AOA	Quelques degrés(5°)	La portée	Un ensemble de récepteurs	Travailler avec des nœuds de petite taille

II.7.2.2 Les méthodes range-free

Ces méthodes ne calculent jamais de distances entre voisins. Elles utilisent d'autres informations telles que la connectivité pour identifier la position des nœuds.

II.8 Algorithmes de localisation existants :

Dans cette section, nous présentons brièvement sur les algorithmes . Il est utilisé pour le site dans les réseaux de capteurs sans fil.

II.8.1 Les algorithmes de localisation DV-Hop et DV-Distance

L'algorithme DV (vecteur de distance) [15] utilise des mesures de connectivité pour estimer les emplacements des nœuds non ancrés. L'algorithme diffuse tous les nœuds d'ancrage via leurs emplacements vers d'autres nœuds du réseau. Pour que chaque ancre maintienne une table $\{X_i, Y_i, h_i\}$, où (X_i, Y_i) chaque ancre calcule la distance à partir de l'ancre. Chaque saut d'ancrage calcule sa distance par rapport aux autres ancres du réseau. Lorsqu'un nœud d'ancrage reçoit un message d'un autre nœud d'ancrage, il estime la distance moyenne du saut à l'aide des positions d'ancrage et d'un compteur de sauts, qui est renvoyé au réseau comme un facteur de correction [5].

$$HopSiz = \frac{\sum \sqrt{(x_i - x_j)^2 - (y_i - y_j)^2}}{HIJ} \quad i \neq j \quad (II.4)$$

L'idée principale derrière l'algorithme de distance DV est de répartir la distance mesurée entre voisins plutôt que le nombre de sauts.

II.8.2 APIT :

La méthode APIT est basée on le Point-In-Triangulation test. Ce test permet à un nœud de déterminer s'il se trouve ou non à l'intérieur d'un certain triangle. S'il se rapproche/s'éloigne de tous les sommets à la fois, le mobile est à l'extérieur du triangle [5].

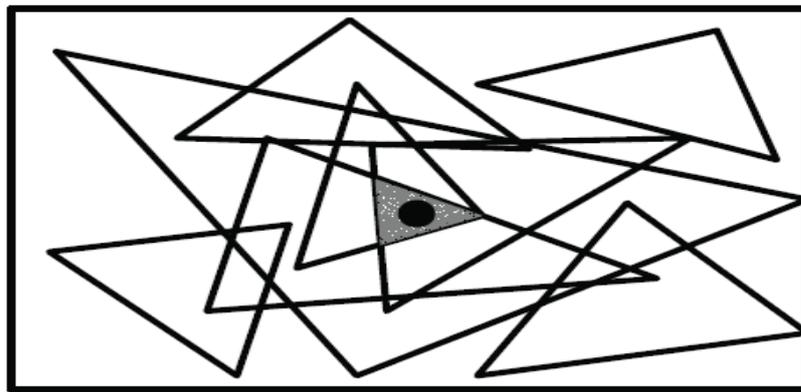


Figure II. 5 La méthode APIT

II.8.3 Centroid :

Cette méthode repose essentiellement sur un certain nombre d'ancres ayant des zones de couverture se chevauchant et servant de points de référence. Pour nous permettre de localiser les différents nœuds inconnus, chaque ancre transmet un message "beacon" à chaque instant t , qui contient sa localisation.

$$posi_{estimé}(x,y) = \left[\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N}, \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{N} \right] \quad (II.5)$$

Avec $\sum_{i=1}^n x_i$ et $\sum_{i=1}^n y_i$ la somme des x et y des ancres écoutés par le nœud à localiser respectivement, et N le nombre de ces ancres.

Pour choisir les ancres, il calcule pour chaque ancre i entendu un coefficient CMI_i :

$$CMI = \frac{\text{nombre de message envoiyyer}}{\text{nombre de message reçus}} \times 100 \quad (II.5)$$

Le Tableau suivante résume les principales caractéristiques des méthodes de localisation présentées dans les paragraphes précédents.

Tableau II.3 : Caractéristiques des algorithmes de localisation dans les RCSFs [5] .

Caractéristique Méthode	Anchor based	Anchorfree	Range based	Centralisé	Distribué
DV-HOP	#		#	#	#
MDS-MAP		#		#	
APIT	#		#	#	#
GPS-LESS	#		#	#	#

- signifie qu'on peut modifier la méthode pour qu'elle l'ait cet caractéristique.

II.9 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons introduit le problème de la localisation dans les réseaux de capteurs sans fil, l'étude et l'analyse de ces principaux algorithmes et les approches de localisation nous ont permis de proposer notre propre algorithme de localisation dont le but principal est d'améliorer autant que possible la précision de la localisation. Nous l'expliquerons dans le chapitre suivant.

Optimisation par Harris Hawks

Sommaire

III .1 Introduction

III .2 Problème d'optimisation

III .4 L'optimisation par Harris Hawks

III . 5 Historique

III .6 Une brève description de l'algorithme HHO

III .7 Pseudo code de l'algorithme d'optimisation par Harris Hawks

III .8 Organigramme de l'algorithme HHO

III .9 Domaine d'application

III .10 Avantages et inconvénients HHO

III .11 Conclusion

III .1 Introduction

L'optimisation de Harris Hawks est une technique d'optimisation bio-inspirée qui s'inspire le comportement de chasse coopérative des faucons de Harris. Cette méthode utilise des règles sociales et des stratégies de communication pour guider la recherche d'une solution optimale.

III .2 Problème d'optimisation :

Le problème d'optimisation consiste à trouver la meilleure solution pour une fonction donnée en ajustant les variables de cette fonction qui sont souvent limitées à une certaine plage de valeurs. Cette limitation peut donner lieu à un problème d'optimisation sous contraintes. Mathématiquement, l'objectif est de minimiser la fonction F sur l'ensemble E , c'est-à-dire trouver une valeur x de E telle que [5] :

$$F(x^*) = \min(\text{ou max}) f(x) \quad (\text{III.1})$$

III .3 Méta-heuristique d'optimisation :

Les méta-heuristiques sont des algorithmes d'optimisation utilisés pour résoudre des problèmes difficiles dans des domaines tels que la recherche opérationnelle, l'ingénierie et l'intelligence artificielle, pour lesquels il n'existe pas de méthode classique plus efficace. Ces algorithmes aléatoires itératifs progressent vers les maxima globaux, c'est-à-dire les maxima globaux de la fonction, en échantillonnant la fonction objectif. La méta-inférence fonctionne comme des algorithmes de recherche, essayant de découvrir les caractéristiques du problème afin de trouver une approximation de la meilleure solution [5].

III .3 . 1 Classification des techniques d'optimisation:

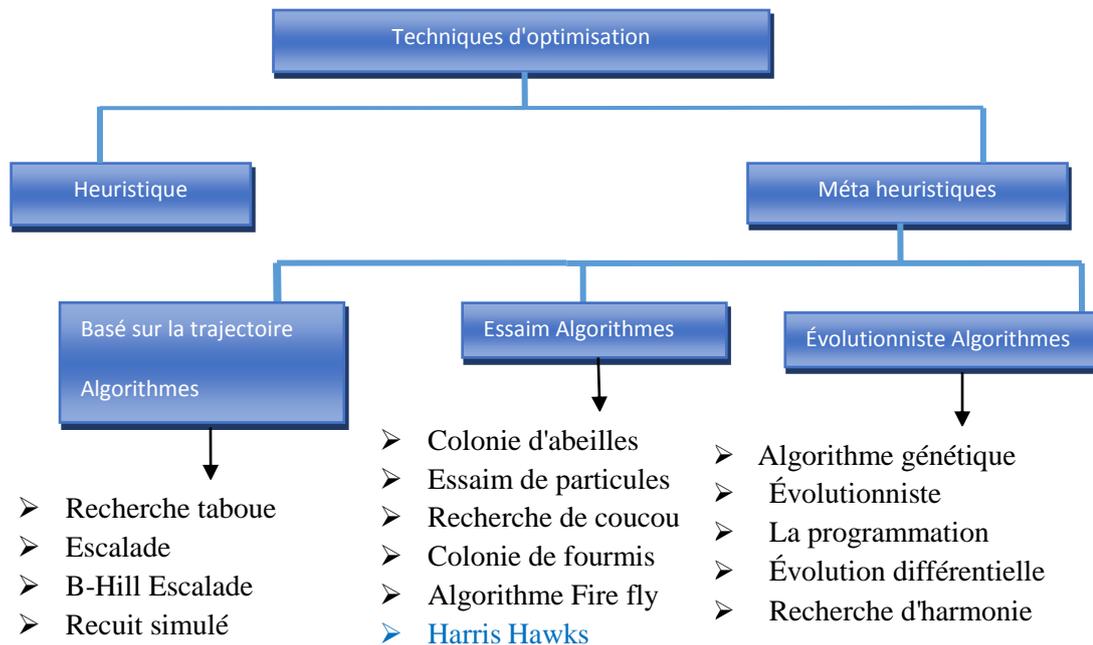


Figure III.1 Classification des techniques d'optimisation

III .4 L'optimisation par Harris Hawks

L'un des défis rencontrés dans les réseaux de capteurs sans fil est la localisation, qui peut être considérée comme un problème d'optimisation. Pour résoudre ce type de problème, les méthodes méta-heuristiques sont largement utilisées, et parmi celles-ci, l'algorithme d'optimisation de Harris Hawks est l'une des plus courantes.

Dans cet algorithme, les positions possibles sont représentées par des faucons, qui sont évalués en fonction de leur capacité à trouver des solutions améliorées. Les faucons qui réussissent à trouver de meilleures solutions sont encouragés à explorer davantage, tandis que ceux qui obtiennent de mauvais résultats sont remplacés.

III.5 Historique

En 1997, Louis Lefebvre a proposé une approche de mesure du "QI" chez les oiseaux basée sur les innovations observées dans les comportements alimentaires. Sur la base de ses études, les faucons peuvent être classés parmi les oiseaux les plus intelligents dans la nature. La buse de Harris (*Parabuteo unicinctus*) est un oiseau de proie bien connu qui vit

en groupes plus ou moins statiques trouvés dans la moitié sud de l'Arizona, aux États-Unis. Recherche coordonnée qui comprend plusieurs animaux pour attraper puis partager l'animal a battu [16]. Et l'amélioration par Harris Hawks est une méthode relativement récente, introduite par des chercheurs en informatique et en intelligence artificielle. Cette méthode s'inspire du comportement de chasse coopératif des faucons de Harris, qui sont connus pour leur capacité à faire équipe pour capturer des proies plus grosses que le faucon ne peut gérer seul. L'optimisation des Harris hawks a été proposée pour la première fois en 2012 dans un article [...] intitulé "Les faucons de Harris optimisation: un algorithme d'optimisation inspiré par la nature" Ils ont été publiés par les chercheurs Heidari, Mirjalili et Faris dans la revue Future Generation Computer Systems. Dans cet article, les auteurs présentent les principes de base de l'optimisation des faucons de Harris et montrent comment cette méthode peut être appliquée à divers problèmes d'optimisation.



Parabuteo unicinctus

Bond surprise

Figure III.2 Le faucon de Harris et leurs comportements

III.6 Une brève description de l'algorithme HHO

III.6.1 Phase d'exploration

Au cours de la phase d'exploration dans l'algorithme d'optimisation Harris Hawks (HHO), les requins se posent au hasard à différents endroits et attendent de détecter une proie en utilisant deux stratégies :

$$X(t+1) = \begin{cases} X_{rand}(t) - r_1 |X_{rand}(t) - 2r_2 X(t)| & q \geq 0,5 \\ (X_{rabbit}(t) - X_m(t)) - r_3(LB + r_4(UB - LB)) & q < 0,5 \end{cases} \quad (III.2)$$

Où $X(t+1)$ est le vecteur de position des faucons à la prochaine itération $t+1$, $X_{rabbit}(t)$ est la position du lapin, $X(t)$ est le vecteur de position actuelle des faucons, r_1, r_2, r_3, r_4 et q sont des nombres aléatoires dans l'intervalle $[0, 1]$ qui sont mis à jour à chaque itération, LB et UB montrent les bornes supérieure et inférieure des variables, $X_{rand}(t)$ est un faucon sélectionné au hasard dans la population actuelle, et $X_m(t)$ est la position moyenne de la population courante de faucons. La position moyenne des faucons est atteinte à l'aide de l'équation. (III.2):

$$X_m(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N X_i(t) \quad (III.3)$$

Où $X_i(t)$ indique l'emplacement de chaque faucon dans l'itération t et N désigne le nombre total de faucons.

III.6.2 Transition de l'exploration à l'exploitation

Pour modéliser cette étape, l'énergie d'un lapin est modélisée comme

$$E = 2E_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right) \quad (III.4)$$

Et E indique l'énergie de la proie, T est le nombre maximal d'itérations et E_0 est l'état initial de son énergie.

III .6.3 Phase d'exploitation

III .6.3.1 Assiège doux:

Ce comportement est modélisé par les règles suivantes :

$$X(t+1) = \Delta X(t) - E |J X_{rabbit}(t) - X(t)| \quad (III.5)$$

$$\Delta X(t) = X_{rabbit}(t) - X(t) \quad (III.6)$$

Où $\Delta X(t)$ est la différence entre le vecteur de position du lapin et l'emplacement actuel à l'itération t , r_5 est un nombre aléatoire à l'intérieur de $[0, 1]$ et $J = 2(1-r_5)$ représente la force de saut aléatoire du lapin tout au long de la procédure d'évacuation. La valeur J change aléatoirement à chaque itération pour simuler la nature des mouvements du lapin.

III.6.3.2 Assiéger dur:

Dans cette situation, les positions actuelles sont mises à jour à l'aide de l'équation. Eq (III.7)

$$X(t+1) = X_{rabbit}(t) - E|\Delta X(t)| \quad (III.7)$$

III .6.3.3 Siège doux avec des plongées rapides progressives:

Pour effectuer un siège doux, nous avons supposé que les faucons peuvent évaluer (décider) leur prochain déplacement en fonction de la règle suivante dans l'équation. Eq (III.8)

$$Y = X_{rabbit}(t) - E|JX_{rabbit}(t) - X(t)| \quad (III.8)$$

Nous avons supposé qu'ils plongeraient sur la base des modèles basés sur **LF** en utilisant la règle suivante :

$$Z = Y + S \times LF(D) \quad (III.9)$$

Où **D** est la dimension du problème et **S** est un vecteur aléatoire de taille $1 \times D$ et **LF** est le vol de prélèvement fonction, qui est calculée à l'aide de l'équation(III.10):

$$LF(x) = 0,01 \times \frac{u \times \sigma}{|v|^{\beta}}, \quad \sigma = \left(\frac{\Gamma(1+\beta) \times \sin\left(\frac{\pi\beta}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{1+\beta}{2}\right) \times \beta \times 2^{\left(\frac{\beta-1}{2}\right)}} \right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (III.10)$$

Où **u**, **v** sont des valeurs aléatoires à l'intérieur de $[0, 1]$, **β** est une constante par défaut fixée à **1,5**. Par conséquent, la stratégie finale pour mettre à jour les positions des faucons dans la phase de siège doux peut être exécutée par Éq. (III.11) :

$$X(t+1) = \begin{cases} Y \text{ si } F(Y) < F(X(t)) \\ Z \text{ si } F(Z) < F(X(t)) \end{cases} \quad (III.11)$$

ici **Y** et **Z** sont obtenus en utilisant les équations (III.8) et (III.9).

III .6.3.4 Siège dur avec des plongées rapides progressives:

La règle suivante est exécutée en condition de siège dur :

$$X(t+1) = \begin{cases} Y \text{ si } F(Y) < F(X(t)) \\ Z \text{ si } F(Z) < F(X(t)) \end{cases} \quad (III.12)$$

Où **Y** et **Z** sont obtenus en utilisant de nouvelles règles dans les équations (III.13) et (III.14).

$$Y = X_{rabbit}(t) - E|JX_{rabbit}(t) - X_{m(t)}| \quad (III.13)$$

$$Z = Y + S \times LF(D) \quad (III.14)$$

Où $X_{m(t)}$ est obtenu en utilisant Eq (III.3).

III .7 Pseudo codes de l'algorithme d'optimisation Harris Hawks

Algorithme d'optimisation par Harris Hawks

Entrées : La taille de la population N et le nombre maximal d'itérations T

Sorties : L'emplacement du lapin et sa valeur de fitness

Initialiser la population aléatoire $X_i(i = 1, 2, \dots, N)$

Tant que (la condition d'arrêt n'est pas remplie) **faire**

Calculer les valeurs de fitness des faucons

Définir X_{rabbit} comme emplacement du lapin (meilleur emplacement)

Fin

Pour (chaque faucon(X_i)) **faire**

Mettre à jour l'énergie initiale E_0 et la force de saut J ▶ $E_0 = 2 \text{rand}() - 1$, $J = 2(1 - \text{rand}())$

Mettez à jour le E en utilisant Eq (III .3)

Si ($|E| \geq 1$) **alors** ▶ Phase d'exploration

Mettre à jour le vecteur de localisation à l'aide d'Eq (III .2)

Si ($|E| < 1$) **alors** ▶ Phase d'exploration

Si ($r \geq 0,5$ **et** $|E| \geq 0,5$) **alors** ▶ assiéger en douceur

Mettre à jour le vecteur de localisation à l'aide d'Eq (III .5)

Si non si ($r \geq 0,5$ **et** $|E| < 0,5$) **alors** ▶ Siège doux avec des plongées rapides Progressives (III .6)

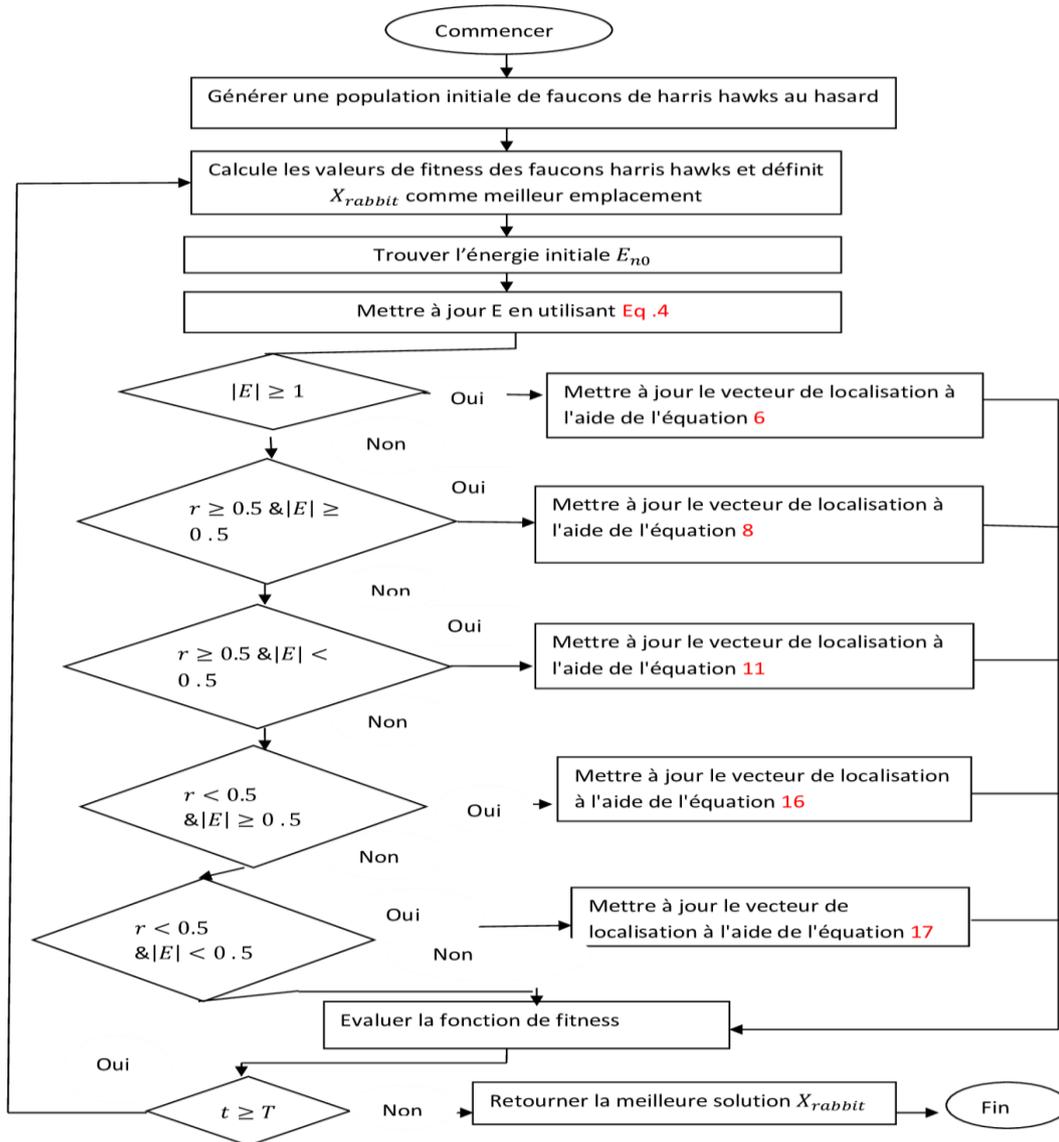
Si non si ($r < 0,5$ **et** $|E| \geq 0,5$) **alors** ▶ L'assiége en douceur avec des plongées rapides progressives met à jour le vecteur de localisation à l'aide de . (III.11)

Si non si ($r < 0,5$ **et** $|E| < 0,5$) **alors** ▶ Le siège dur avec des plongées rapides progressives met à jour le vecteur de localisation à l'aide (III.12)

Retour X_{rabit}

Fin.

III .8 Organigramme de l'algorithme HHO



Figure, Organigramme de l'algorithme d'optimisation par Harris Hawks

Figure III.3 Organigramme de l'algorithme d'optimisation par Harris Hawks

III .9 Domaine d'application :

Appliqué à trois domaines principaux (Ingénierie, Informatique, Sciences, Médecine et Santé publique)

- Problèmes d'optimisation d'ingénierie
- Problèmes de qualité de l'alimentation
- Problèmes de prédiction et problème de génie électrique
- Problèmes de mesure et de sélection des paramètres des cellules solaires[17]

III .10 Avantages et inconvénients HHO

III .10.1 Avantages

- Bonne vitesse de convergence.
- Fonction de recherche pour les quartiers forts.
- Bon équilibre entre exploration et exploitation.
- Convient à de nombreux types de problèmes.
- Facile à mettre en œuvre.
- Adaptabilité, évolutivité, flexibilité et durabilité [18]

III .10.2 Inconvénients

- ✓ **Exploration faible** : bien que l'algorithme encourage le faucon à explorer de nouvelles solutions, il peut également avoir tendance à converger rapidement vers une solution optimale locale plutôt que de continuer à explorer l'espace de recherche d'une solution optimale globale.
- ✓ **Limites de représentation** : L'algorithme de Harris Hawks utilise une représentation continue des solutions, ce qui signifie qu'il peut ne pas être bien adapté aux problèmes de nature discrète ou combinatoire.
- ✓ **Absence de comparaison avec d'autres méthodes** : étant donné que l'algorithme de Harris Hawks est relativement nouveau, il n'a pas été comparé à d'autres méthodes d'optimisation tout aussi bien établies. Par conséquent, il peut être difficile de déterminer comment elle se compare à ces autres approches en termes d'efficacité et de performance.

III .11 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'algorithme des faucons de Harris, son histoire et sa définition. Nous avons également expliqué les principes de base de cet algorithme moderne basé sur la population et simulant le comportement de chasse des faucons. Nous avons examiné les domaines d'application de cet algorithme et identifié ses avantages et ses inconvénients. Dans le chapitre suivant, nous allons simuler et adapter cet algorithme pour la localisation des capteurs inconnus dans les RCSFs.

Contribution et Implémentation

Sommaire

IV.1 Introduction

IV.2 Outils de Développement

IV.3 Contribution proposée

IV.4 Formulation de problème de localisation

IV.5 Description générale de l'approche de localisation proposée

IV.6 Description des étapes d'exécution d'application

IV.7 Évaluation de l'algorithme proposé

IV.8 Conclusion

IV.1 Introduction

La localisation est un problème courant dans de nombreux domaines, notamment dans les réseaux de capteurs sans fil, la navigation et la robotique. Le problème de localisation consiste à déterminer la position d'un objet ou d'un capteur à partir des mesures de distance ou d'autres informations géospatiales. La localisation précise est essentielle pour de nombreuses applications, telles que la surveillance de l'environnement, la gestion de flottes de véhicules, la navigation GPS et la robotique autonome.

Cependant, la localisation précise est souvent difficile à atteindre en raison de la présence de bruit et d'erreurs de mesure, ainsi que des contraintes de coût et de temps de traitement. Le problème de l'optimisation de localisation consiste à trouver la position optimale d'un objet ou d'un capteur en utilisant des algorithmes d'optimisation pour minimiser les erreurs de mesure et améliorer la précision de la localisation.

Dans ce chapitre, nous présentons notre contribution à l'optimisation de la localisation dans les réseaux de capteurs sans fil.

IV. 2 Le langage de programmation utilisé :

MATLAB, abréviation de MATrix LABoratory, est un langage de programmation de haut niveau et un environnement de développement utilisé pour les calculs numériques, la manipulation de matrices, l'affichage de données et la mise en œuvre d'algorithmes. Développé par la société The MathWorks, MATLAB offre également la possibilité de créer des interfaces utilisateur.

Dans le cadre de la validation de notre solution, nous avons effectué plusieurs simulations en utilisant MATLAB (R2014b). Nous avons choisi MATLAB comme environnement de développement pour simuler et valider notre contribution pour plusieurs raisons. Tout d'abord, MATLAB est largement utilisé dans le domaine scientifique et de l'ingénierie pour la simulation et l'analyse de données. De plus, MATLAB offre une vaste gamme de fonctions mathématiques et d'outils de visualisation qui facilitent la création et l'exécution de simulations. Enfin, l'interface conviviale de MATLAB et sa facilité d'utilisation en font un choix idéal pour la validation de notre solution. Parmi lesquelles nous citons les suivantes :

- MATLAB offre un certain nombre de fonctionnalités pour la documentation et le partage du travail.
- MATLAB est un langage de haut niveau pour le calcul scientifique et technique.
- MATLAB possède des fonctions graphiques 2D et 3D pour visualiser les données graphiques destinés à la visualisation de données et outils conçus pour créer des tracés personnalisés.
- MATLAB contient des applications dédiées à l'ajustement de courbes, la classification de données, l'analyse de signaux et bien d'autres tâches spécialisées. MATLAB possède des boîtes à outils additionnelles conçues pour répondre à de nombreux besoins spécifiques aux ingénieurs et aux scientifiques.
- Programmation infiniment plus rapide pour le calcul et pour l'affichage.

Le tableau IV.1 suivant résume les différentes caractéristiques de l'ordinateur utilisé dans la simulation de notre solution proposée.

Tableau IV. 1: Caractéristiques de l'ordinateur

Matériel	Caractéristiques
Processeur	Intel(R) Core(TM) i5-6300M CPU @ 2.40GHz.
Mémoire (RAM)	8.00 Go.
Système d'exploitations	Microsoft Windows 10 professionnel 64-bit.

➤ L'environnement de MATLAB possède 5 fenêtres :

1. Fenêtre Editeur.

2. Command Windows: Au centre l'invite de commande.

3. Current folder: Gauche la liste des fichiers du répertoire courant.

4. command history: En bas à droite l'historique des commandes tapées.

5. Workspace: En haut à droite le contenu de l'espace courant de travail.

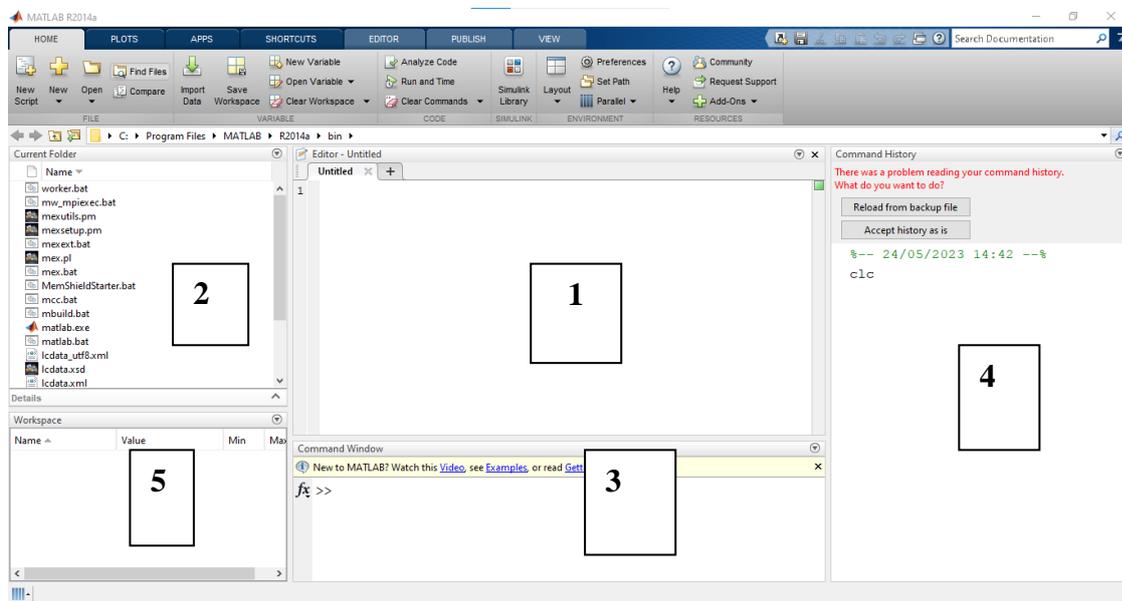


Figure IV. 1: L'interface de MATLAB

IV.3 Description de la contribution proposée:

- ✓ Symétrie entre faucons dans la nature et le modèle artificielle proposée pour l'optimisation.

Tableau IV. 2: Analogie entre les Faucons dans la nature et en artificielle

Nature	L'artificiel
Faucons de Harris	Population
Faucons Beta	Recherche aléatoire
Faucon Alpha	Solutions issues de la recherche au voisinage des meilleures solutions
Lapin	Une solution crée
Nature Espace 3 dimensions	Espace 2 dimensions
Fitness, approximation et facilitation pour extraire l'emplacement cible	La solution Optimale

IV.4 Formulation de problème de localisation:

Le but de ce travail est de trouver l'emplacement de capteurs dispersés aléatoirement dans un plan 2D représente la zone d'intérêt de RCS: Pour cela nous avons considéré $m \geq 0$ nœuds appelés ancrs dont ces positions sont connues a priori, donc l'objectif de la procédure de localisation est de trouver les positions de n nœuds inconnu étiquetés $m+1, \dots, N$ ($N=n+m$). Chaque nœud de réseaux est caractérisé par un rayon de transmission R similaire.

Soit (x, y) les coordonnées du nœud cible et d_i soit la distance entre le nœud cible et le $i^{\text{ème}}$ ancre. La distance est calculée en utilisant la formule suivante [5].

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (\text{IV.1})$$

Soit $\hat{d}_i = d_i \mp n_i$ la valeur de distance obtenue à partir la technique de mesure RSSI et n_i c'est l'erreur commis lors de l'estimation de distance par RSSI. La fonction objective du problème de localisation est définie comme suite :

$$F(x,y) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M |\hat{d}_j - d_j| \quad (\text{IV.2})$$

- ✓ $M \geq 3$ Le nombre des ancrs de liaison directe avec le capteur cible.
- ✓ d_j distance estimé entre capteur inconnu et les ancrs.
- ✓ \hat{d}_j distance calculé entre capteur inconnu et ancrs.

IV.5 Description générale de l'approche de localisation proposée :

Afin d'améliorer la précision de localisation, nous avons utilisé l'algorithme HHO. Les étapes de notre proposition de localisation sont décrites dans les étapes suivantes:

Étape1 : Choix de la configuration de réseau (nombre capteurs N , nombre ancrs **number_anchor** : et rayon de connectivité r) et initialisation de paramètres de méthode (population et nombre itération).

Étape2 : Chaque ancre dans le réseau diffusé un message d'ancrage, afin d'obtenir la matrice de distance (les lignes de la matrice sont les nœuds inconnues et les colonnes sont les ancrs et les valeurs sont les distances entre le capteur et l'ancre s'il est inférieur au rayon de communication).

Étape3 : Définie un matrice «**matrice_order**» pour savoir quels nœuds n'ont pas encore localisés (au départ contient tous les capteurs inconnus).

Étape4 : Calculez la distance entre chaque capteurs et ancrs en utilisant «**fun_calcu_distance_matrix**» .

Étape5 : Une recherche itérative par HHO est déclenchée pour se rapprocher de la position souhaitée :

- L'espace de recherche potentiel (Dans lequel on répartit au hasard les lapins) est le cercle dont le centre est la position des capteurs.
- Calculé Fitness des lapins pour détermine les meilleures solutions X_{rabbit} .
- Calcule de l'énergie E pour distinguer la phase d'exécution.

$$E = 2 * E_0 * \left(1 - \frac{t}{T}\right) \quad (\text{IV.3})$$

Ou E_0 est l'état initial d'énergie d'échappement de la proie.

- Dépond de l'énergie E une des deux phases sera exécuté (phase d'exploration ou phase d'exploitation).
- L'exécution de la phase d'exploration ($E \geq 1$) indique mis à jour des positions des faucons de Harris avec l'équation :

$$X(t+1) = \begin{cases} X_{\text{rand}}(t) - r_1 |X_{\text{rand}}(t) - 2r_2 X(t)| & q \geq 0,5 \\ (X_{\text{rabbit}}(t) - X_m(t)) - r_3(LB + r_4(UB - LB)) & q < 0,5 \end{cases} \quad (\text{IV.4})$$

- La phase d'exploitation sera exécuté satisfont la condition $E < 1$ qui regroupe 4 sous-phase (assiège doux et assièger dur, siège doux avec des plongées rapides progressives et siège dur avec des plongées rapides progressives).
 - Détermination de phase exécuter dépend de E et un variable aléatoire r de tell sort Le cas de assiège doux ($r > 0.5$ et $E > 0.5$) l'équation de changement des positions et :

$$\begin{aligned} X(t+1) &= \Delta X(t) - E|JX_{rabbit}(t) - X(t)| \\ &\text{ou} \\ \Delta X(t) &= X_{rabbit}(t) - X(t) \end{aligned} \quad (IV.5)$$

Le cas de assiège dur ($r > 0.5$ et $E < 0.5$) l'équation de changement des positions et :

$$\begin{aligned} X(t+1) &= X_{rabbit}(t) - E|\Delta X(t)| \\ &\text{ou} \\ \Delta X(t) &= X_{rabbit}(t) - X(t) \end{aligned} \quad (IV.6)$$

Le cas de assiège doux avec des plongées rapides progressives ($r < 0.5$ et $E > 0.5$) l'équation de changement des positions et :

$$\begin{aligned} Y &= X_{rabbit}(t) - E|JX_{rabbit}(t) - X(t)| \\ &\text{ou} \\ Z &= Y + S \times LF(D) \end{aligned} \quad (IV.7)$$

Et la position finale et déterminer avec

$$X(t+1) = \begin{cases} Y \text{ si } F(Y) < F(X(t)) \\ Z \text{ si } F(Z) < F(X(t)) \end{cases} \quad (IV.8)$$

Le cas de assiège dur avec des plongées rapides progressives ($r < 0.5$ et $E < 0.5$) l'équation de changement des positions et :

$$\begin{aligned} Y &= X_{rabbit}(t) - E|\Delta X(t)| \\ &\text{ou} \\ Z &= Y + S \times LF(D) \end{aligned} \quad (IV.9)$$

Et la position finale et déterminer avec

$$X(t+1) = \begin{cases} Y \text{ si } F(Y) < F(X(t)) \\ Z \text{ si } F(Z) < F(X(t)) \end{cases} \quad (IV.10)$$

- Répéter les étapes précède jusqu'à arriver à l'itération T.

IV.5.1 : L'organigramme de fonction prépose:

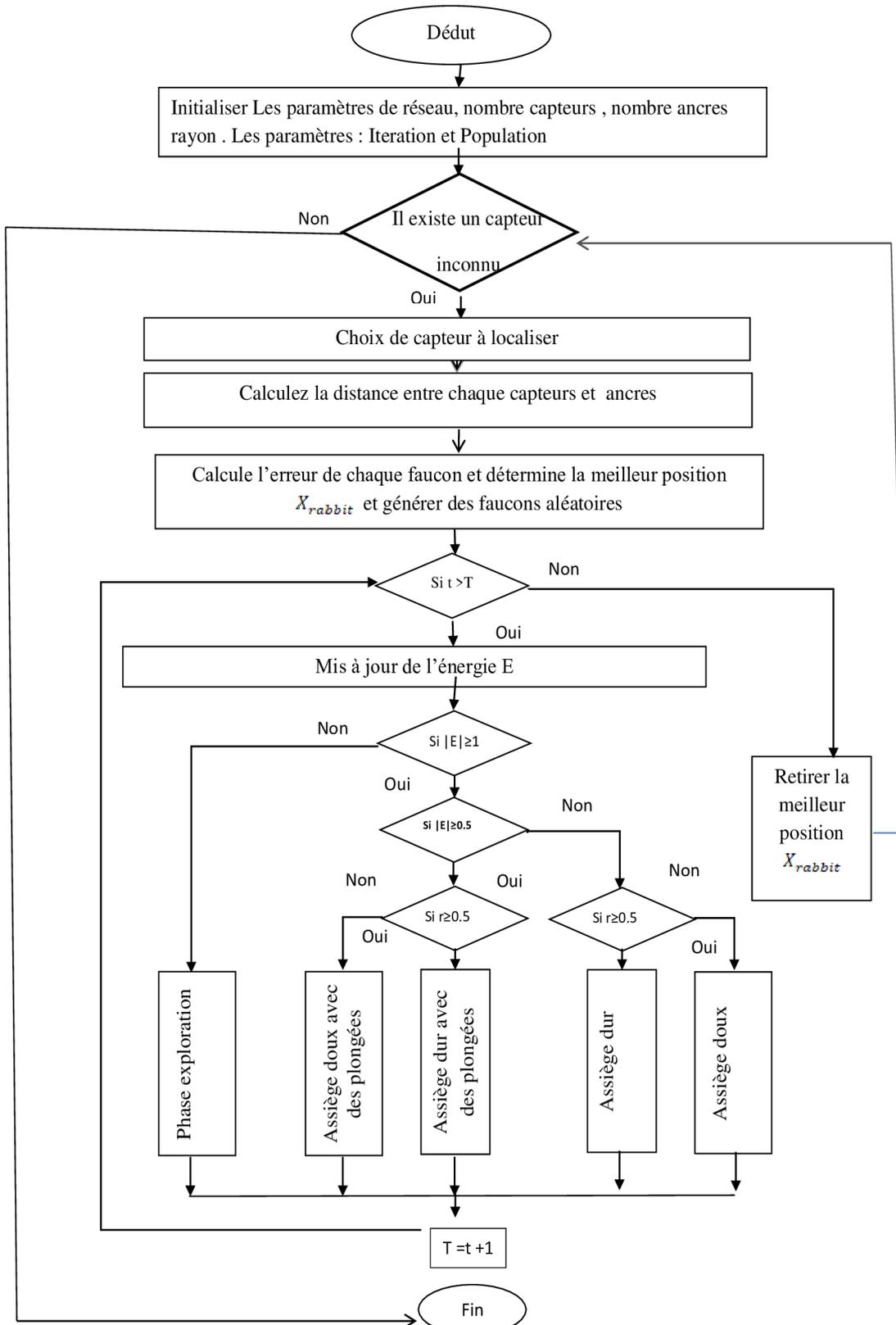


Figure IV .3 : L'organigramme de fonctionnement de l'algorithme proposé.

IV.6 Description des étapes d'exécution d'application :

L'interface principale de notre application est présentée dans la **Figure IV. 3**.

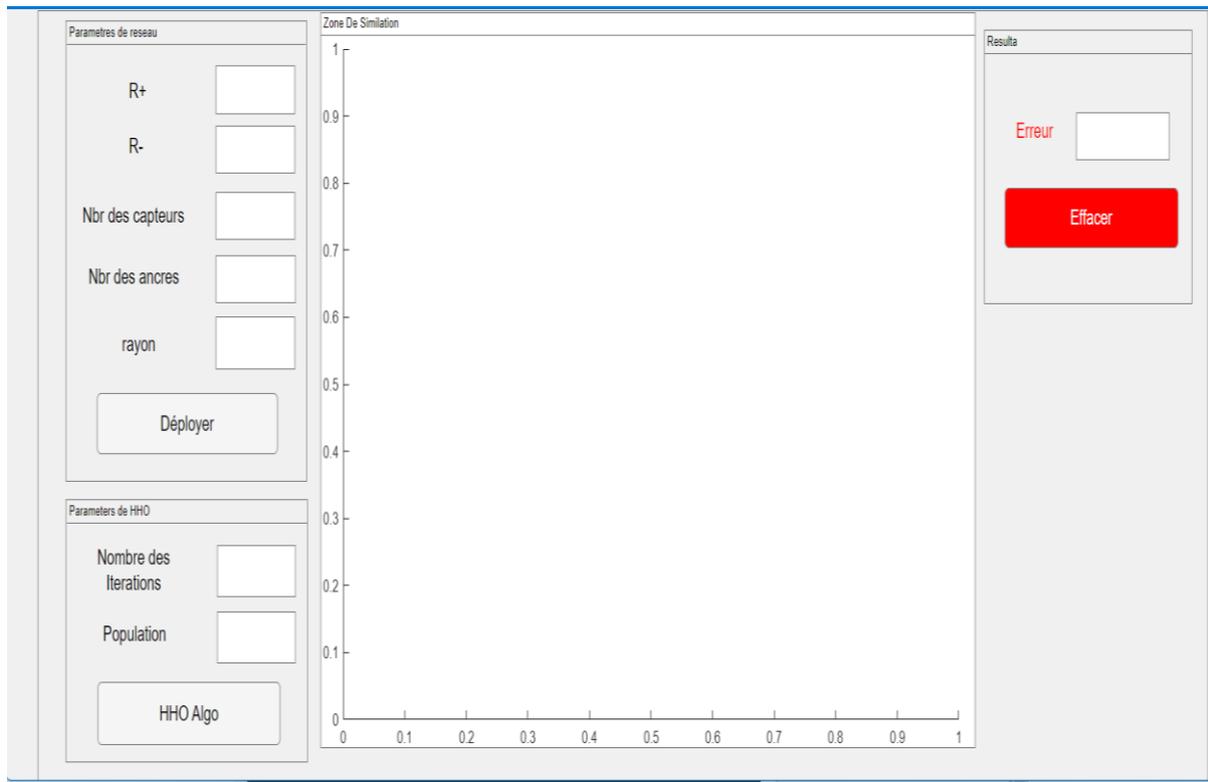


Figure IV. 3: L'interface de simulation.

IV.6.1 Choix des paramètres de réseau :

Pour lancer l'algorithme par Harris Hawks, il faut d'abord saisir tous les paramètres initiaux suivant :

- ✓ Nombre des capteurs
- ✓ Nombre des ancrs
- ✓ Le rayon de connectivite
- ✓ La zone de surveillance

IV.6.2 Déploiement des capteurs:

Après de saisir les paramètres de réseau: On a déployé aléatoirement les capteurs dans la zone de simulation par : un clic sur le bouton de déploiement aléatoire « **Deploy**».

IV.6.3 Choix du paramètre de Harris Hawks:

Après de saisir tous les paramètres initiaux de réseau, on doit saisir les paramètres du l'algorithme proposé.

- Nombre d'iteration
- Population

IV.6.4 Localiser par l'algorithme proposé:

Un exemple de déploiement et de localisation par l'approche proposée est montré dans la figure.4. Les carrée noir représentent les capteurs déployés aléatoirement, les losanges rouges représentent les ancrés et Les cercles marron indiquent ancrés. Pour lancer l'algorithme en clique sur le bouton «**HHO Algo**».

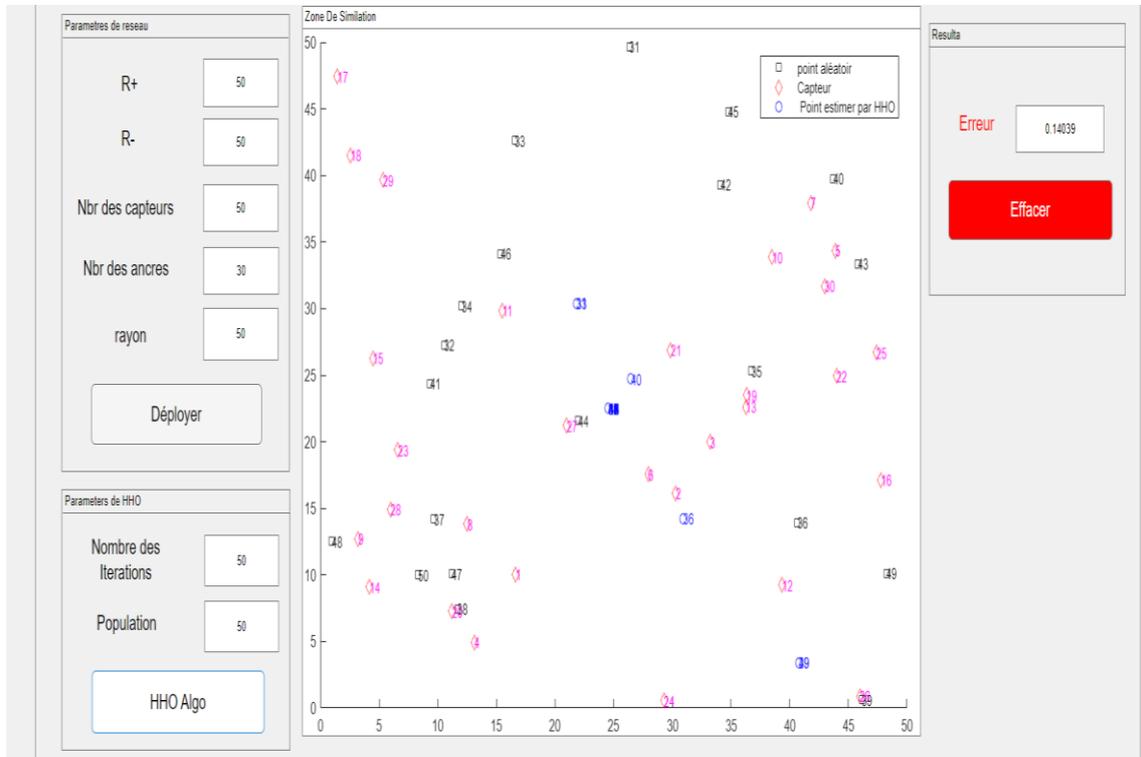


Figure IV.4: Exemple de localisation par l'algorithme proposée

IV.7 Évaluation de l’algorithme proposé :

Pour évaluer l’efficacité de cette méthode de localisation. Nous intéresserons essentiellement à la précision de localisation comme un critère d’évaluation.

IV.7.1 La précision de localisation

Afin d’évaluer la précision dans l’algorithme on peut calculer l’erreur moyenne produit par cette méthode. On doit calculer l’erreur moyenne comme étant la moyenne des différences entre les positions réelles et les positions estimées.

L’erreur moyenne est calculée comme suit :

$$erreur = \frac{1}{N} \sum \sqrt{(X_{réel} - X_{rabbitt})^2 + (Y_{réel} - Y_{rabbitt})^2} \tag{IV.11}$$

Tell que $X_{réel}, Y_{réel}$: les coordonnées réels d’un nœud

$X_{rabbitt}, Y_{rabbitt}$: les coordonnées d’un nœud trouvées par l’algorithme proposé.

N: nombre de capteurs

IV.7.2 Évaluation de notre proposition

Pour comparer nos résultats avec la littérature, nous avons pris les résultats d'autres méta-heuristiques PSO-FOA (PSO hybride avec le Firefly Optimization Algorithm) présenté dans [19] et PSO-Tabo (PSO hybride avec recherche tabou) présenté dans [5].

Le tableau ci-dessus présente la configuration de réseau et les paramètres des méta-heuristiques fixés pour les différentes évaluations:

Paramètres de réseau		Paramètres de HHO	
Paramètres	Valeurs	Paramètres	Valeurs
Nombre ancrés	7	Taille de population	60
Nombre de capteurs	50		
Rayon de connectivité	20	Nombre d'itération	50

Tableau IV .3 : Les paramètres d'évaluation.

Pour savoir l'effet les différentes paramétrées sur la précision de l'algorithme proposé on a effectué la série d'expériences suivant :

IV.7.3 La précision par rapport le nombre des capteurs :

Dans cette expérience en fixant les différents paramètres sur les valeurs dans le Tableau 3et on variant le nombre des capteurs. Les résultats obtenus sont présentés par la Figure VI. 5

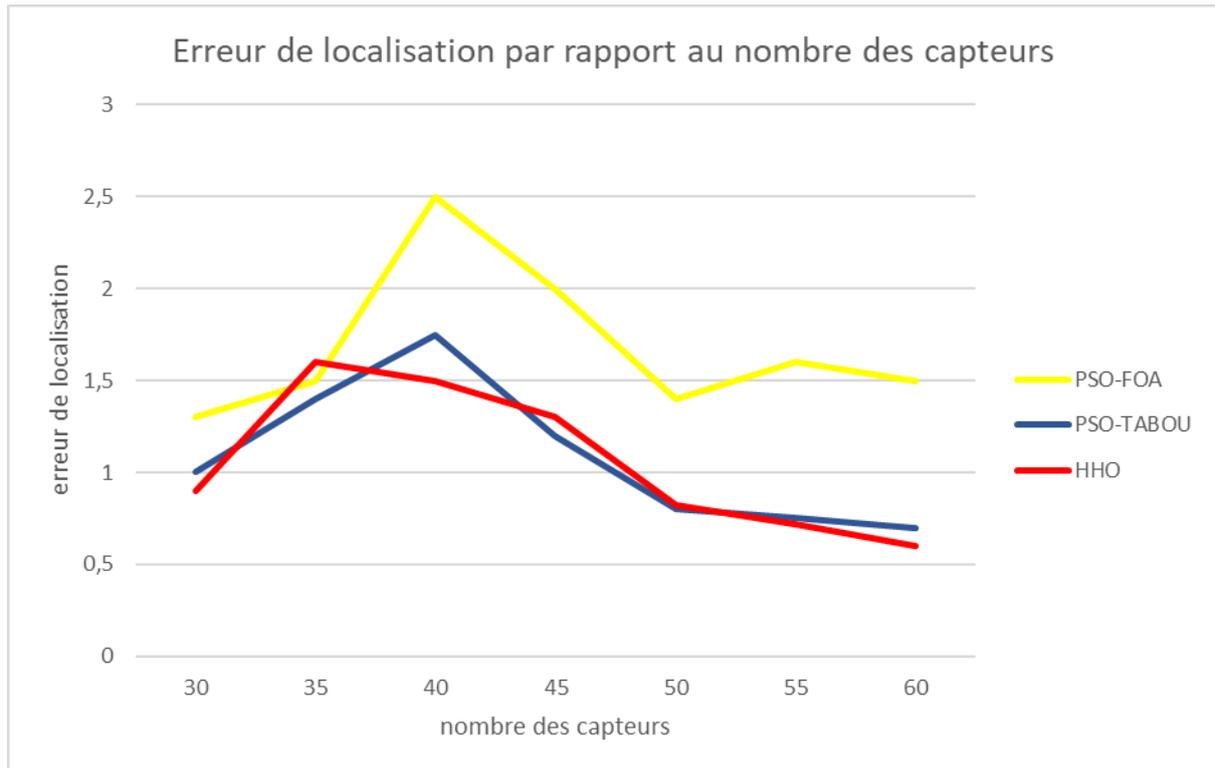


Figure IV.5: Erreur de localisation par rapport nombre de capteurs

La Figure VI.5 montre que la valeur de l'erreur moyenne est diminuée avec l'augmentation de nombre des capteurs dans les deux approches et on peut savoir aussi que les valeurs d'erreur moyenne de l'algorithme proposé est meilleure dans HHO.

IV.7.4 Précision par rapport au rayon de connectivite

De la même manière, l'erreur moyenne par rapport le rayon de couverture être comme ça .

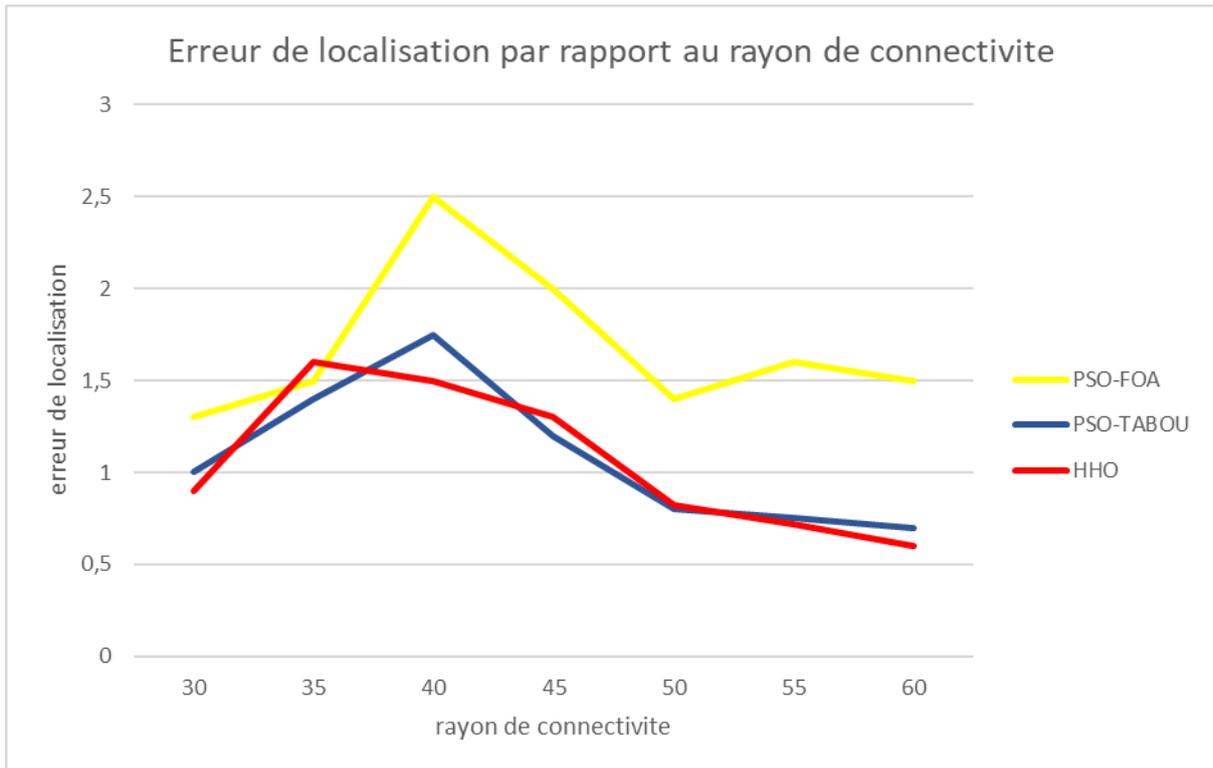


Figure IV. 6: Erreur de localisation par rapport rayon de connectivite

D'après la Figure VI. 6 , on voit que l'erreur moyenne diminue avec l'augmentation de rayon de connectivite pour les 3 algorithmes avec les meilleurs résultats obtenue avec l'algorithme HHO.

IV.7.5 La précision par rapport aux nombre des ancrs

Le graphe ci-dessous montre l'erreur de localisation par rapport le nombre des ancrs.

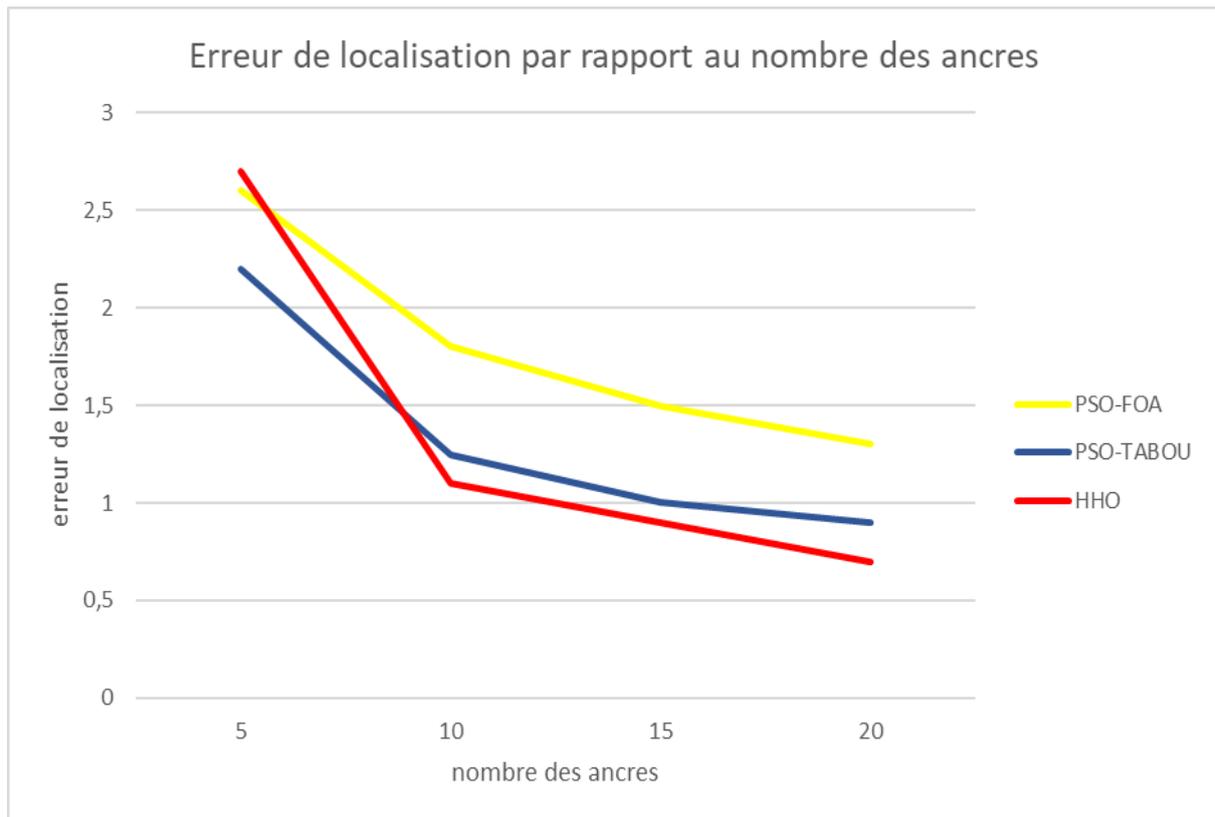


Figure IV. 7: Erreur de localisation par rapport nombre des ancrés

Cette Figure IV . 7 montre clairement que la valeur de l'erreur moyenne diminue avec l'augmentation de nombre des ancrés pour les trois algorithmes.

IV.7.6 La précision par rapport la population :

Le graphe ci-dessous montre l'erreur de localisation par rapport la taille de population :

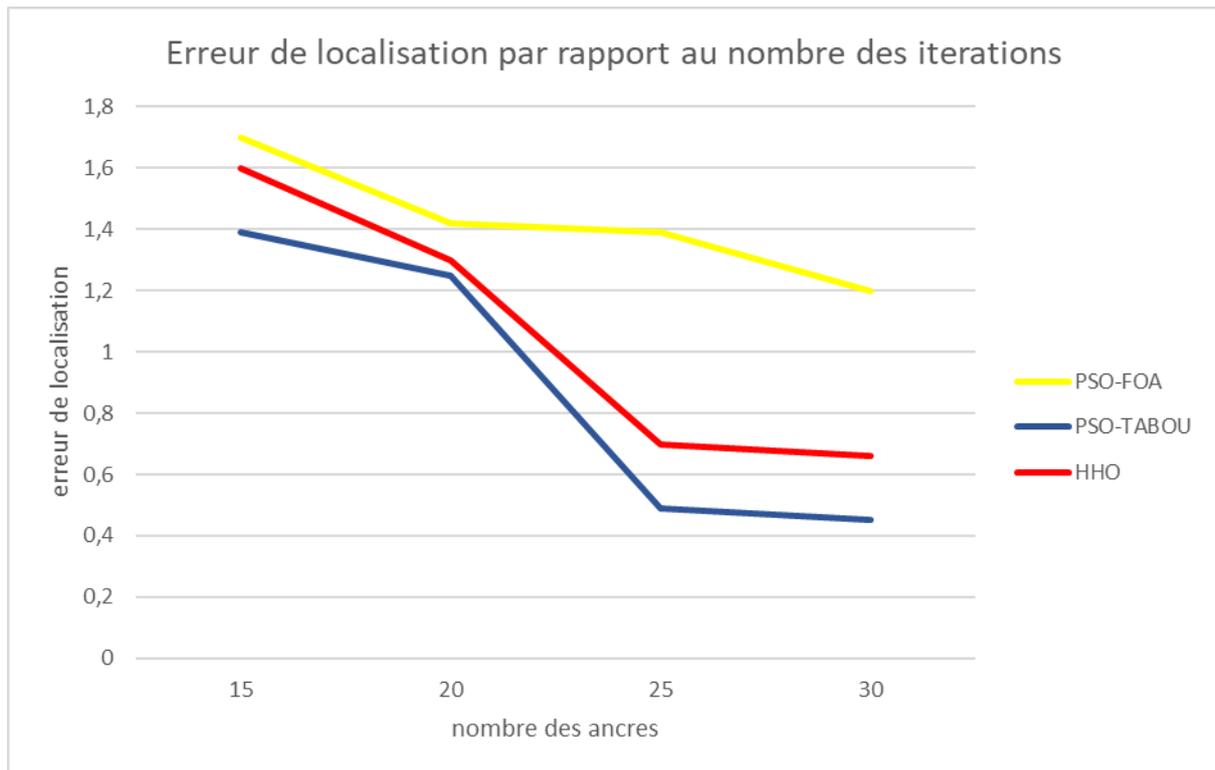


Figure IV. 8: Erreur de localisation par rapport la taille de Population

D'après la Figure IV. 8, on voit que l'erreur moyenne diminue avec l'augmentation de la taille de population pour PSO-FOA et algorithmes par contre l'erreur HHO augment.

IV.7.7 La précision par rapport le nombre d'itération

Le graphe ci-dessous montre l'erreur de localisation par rapport le nombre d'itération :

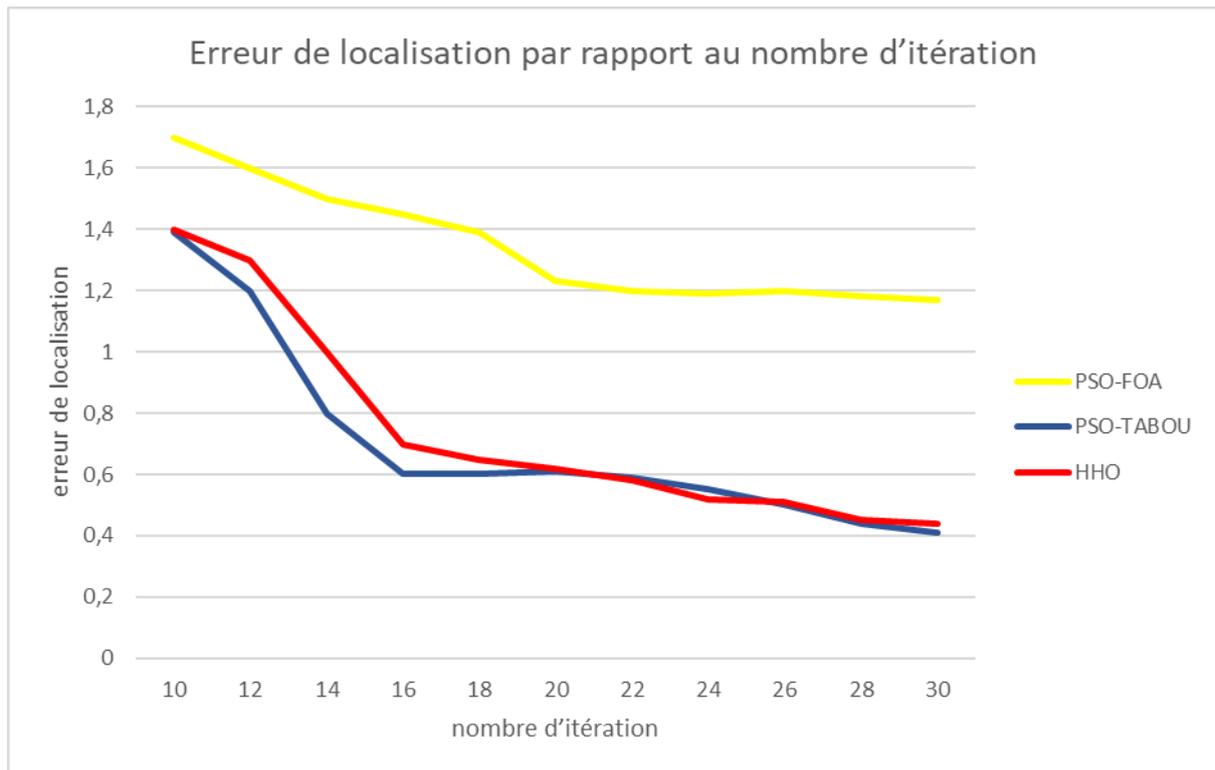


Figure IV. 9: Erreur de localisation par rapport nombre d'itération

Cette Figure IV. 9 montre clairement que l'erreur moyenne diminue avec l'augmentation le nombre d'itération pour les trois algorithmes.

IV.8 Conclusion

L'Algorithme de Harris-Hawks est une méthode d'optimisation efficace et puissante qui peut être utilisée pour résoudre quelque problème d'optimisation. Cependant, comme pour toute méthode d'optimisation, les résultats obtenus dépendent de nombreux facteurs tels que la qualité de la fonction objective, le choix des paramètres et la taille de la population.

Conclusion général

Au cours des trois dernières décennies, les méta-heuristiques ont permis de réaliser des progrès significatifs dans la résolution de problèmes d'optimisation harmonique. Cependant, la conception de ces algorithmes implique encore de nombreux défis particulièrement importants; Choisissez et choisissez leurs paramètres.

Nos travaux ont permis d'étudier différentes stratégies, tant en Pratique de mon point de vue, pour résoudre le problème de la localisation dans réseaux de capteurs. L'algorithme de Harris Hawks est l'une des heuristiques descriptives les plus populaires pour résoudre divers problèmes d'optimisation combinatoire. Il s'intègre Le domaine de la résolution de problèmes d'optimisation difficiles à l'aide de méthodes Méta-heuristiques. Ce sont des méthodes qui utilisent un processus aléatoire et itératif pour obtenir de bonnes solutions aux problèmes d'optimisation.

L'approche que nous avons proposée est une adaptation de la méta-heuristique d'optimisation des faucons pour résoudre le problème de localisation dans les réseaux de capteurs sans fil, nous avons utilisé la technique Diversification basée sur la relance de la recherche d'une solution Sélectionnés parmi les meilleures solutions trouvées, qui ne sont pas retenues. Nous avons implémenté et simulé l'algorithme proposé pour la localisation dans le langage de simulation MATLAB, afin d'évaluer ses performances grâce à la comparaison avec les algorithmes précédents, en particulier avec PSO-TABOU et PSO-FOA. L'évaluation de l'algorithme proposé a prouvé qu'il est efficace et a de bons résultats qui sont plus proches de la réalité avec le moins d'itérations et dans un temps plus raisonnable si les paramètres sont configurés correctement. Après l'étude de l'algorithme HHO on a trouvé que l'algorithme a quelque problème comme :

- Manque d'une théorie mathématique qui d'écrit l'algorithme HHO.
- Sensibilité au paramètre d'entrée.
- L'algorithme consiste de nombreux paramètres choisis au hasard qui diverge parfois la solution obtenu à la solution réelle.

Pour améliorer l'algorithme HHO et avoir surpassé ces problèmes on propose de faire hybrider l'algorithme de HHO avec des théories mathématique et autre algorithme qui guidé et profit de partie aléatoire de HHO pour avoir des solutions exactes au temps réel et de permettre l'utilisation de l'algorithme de HHO dans tous les problèmes d'optimisation

Bibliographie

- [1] Boukoftane et Terchi « localisation des noeuds dans un réseaux de capteurs sans fil» mémoire de Master 2017 – Université de Saad .
- [2] Cédric ramassamy «Analyse des protocoles des reseaux des capteur sans fils» mémoire de doctorat 2012 -Université des antilles et de laguyane.
- [3] Mr Riadh BEN JEDDOU et Mr Lotfi MABROUKI, «CAPTEURS ET ACTIONNEURS EN INSTRUMENTATION,» 25 11 2017. [En ligne]. Available: <https://www.technologuepro.com/cours-genie-electrique/cours-27-capteurs-actionneurs-instrumentation/>. [Accès le 05 06 2023].
- [4] F. Abdelfateh «Developpement d'une bibliothèque de capteurs» mémoire de Master 2008-Université Montpellier .
- [5] Chahrazed DABOU et Djamel Eddine KASBAOUI « Application de la recherche taboue à la localisation dans les RCSF» mémoire de Master 2021/2022-Université Ahmed Draia Adrar.
- [6] Bounar et Kriket « Etude du clustring dans les réseaux de capteurs sans fil» mémoire de Master 2016 – Université de Mohamed Sadik BENYAHIA- jijel.
- [7] KHALILI Zeyneb et BOUCHRA Meryem «Approche distribuée de localisation des noeuds dans les réseaux de capteurs sans fil» Mémoire de Master 2016/2017-Université Ahmed Draia Adrar.
- [8] Ian F. Akyildiz and Tommaso Melodia and Kaushik R «A survey on wireless multimedia sensor networks» journal«Computer Networks » 2007.
- [9] Youssouf ZATOUT «Conception et évaluation de performances d'un réseau de capteurs sans fil hétérogène pour une application domotique » Doctorat 2011 – Université de Toulouse - France.
- [10] YACINE Younes « Minimisation d'énergie dans un réseau de capteurs » Mémoire de Magister 2012- Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- [11] BOUBICHE Sabrina «Support du Big Data dans le processus d'agrégation des données dans les RCSF hétérogènes» Doctorat en sciences en Informatique 13/02/2022- Université de Batna 2.

- [12] Fernando and Merino, Luis and Gil, P and Maza, Ivan and Ollero «A probabilistic framework for entire WSN localization using a mobile robot» journal«Robotics and Autonomous Systems»2008.
- [13] Chetouah Karima et Baddou Saliha «*Application de l'essaim de poulet pour la localisation dans les RCSFs*» mémoire de Master 2018/2019
- [14] Hamid et Rouam « Optimisation de déploiement et de localisation de cible dans les réseaux de capteurs sans fil» mémoire de Master 2019 – Université de Akli Mahad Oulhadj-Bouira
- [15] Sahraoui belkheyr « La Géo-Localisation Dans Les Réseaux Decapteurs Sans Fil» Mémoire de Master 2011-université Abou Bakrbelkaid– Tlemcen
- [16] Ali Asghar and Mirjalili, Seyedali and Faris, Hossam and Aljarah, Ibrahim and Mafarja, Majdi and Chen«Harris hawks optimization: Algorithm and applications» journal «Future generation computer systems» 2019.
- [17] Hamzeh Mohammad and Alarabiat, Deemah and Abualigah, Laith and Heidari«Harris hawks optimization: a comprehensive review of recent variants and applications» journal«Neural Computing and Applications»2021
- [18] Abdelazim G and Abualigah, Laith and Abu Zitar, Raed and Hashim, Fatma A and Amin, Mohamed and Saber, Abeer and Almotairi, Khaled H and Gandomi«Recent advances in harris hawks optimization: A comparative study and applications» journal«Electronics»2022.
- [19] BENSMAIL MOULAY ALI CHERIF et LILA MOATEZ «Une méta-heuristique hybride pour une meilleure localisation des nœuds dans les RCSFs.» Mémoire de en vue de Master 2020/2021– Université Ahmed Draia Adrar .