الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DR. YAHIA FARES DE MEDEA
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

Département du Génie Électrique



Mémoire de Fin d'Études

Présenté pour l'obtention du Diplôme
de Master en Génie Électrique

Option : Système de télécommunication

THEME

Amélioration de performance des réseaux de capteurs sans fil

« Etude et Sélection de Performance des trois Protocoles LEACH, LEACH-C et LEACH-H »

Proposé et dirigé par,

Mr. BAKIR TERKI Othmane

Co-encadré par :

Mr. SAID Bilale

Préparé et présenté par,
Melle. Assia BOUKHELKHAL
Melle .Soraya HOURIZI

Année universitaire 2016 - 2017

Remerciment

La réalisation de ce projet a été possible grâce à Dieu et au concours de plusieurs personnes à qui nous voudrait témoigner toute nous reconnaissance.

Nous voudrait tout d'abord adresser toute nous gratitude à toutes les personne qui ont participé de près ou de loin à nous recherche et à élaboration de ce mémoire.

Nous voudrait également remercier les professeurs qui nous avons enseignée durant notre parcours universitaire à l'université « YAHYA FARES » Médéa.

Nous voudrait exprimer notre reconnaissance envers les amies et collègues qui nous avons accompagnée durant les 6 ans de l'étude qui ont pu créer une ambiance de travail agréable, nous remercie plus particulièrement SABAH, SOUMIA, HADJER, YOUSRA, ZOULIKHA nous leur souhaite le meilleur futur.

Un grand merci à nos familles, ce travail n'aurait certainement jamais vu le jour sans leurs aides, et leurs soutiens, nous tiens vivement à les remercier. Et pour nous avoir supportées durant les six années de génie. C'était un long trajet, un trajet que nous ne pouvons pas parcourir seule.

Dédicace

Je dédie ce travail à mes très chers parents, mon frère, mes sœurs et mes amis

ASSIA

Dédicace

A tous ceux qui me sont chères.

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux que j'aime.

SORAYA

ملخص:

شبكات الاستشعار اللاسلكية هي واحدة من التكنولوجيات سريعة التطور في مجال الاتصالات، بسبب حجمها الصغير والقدرة على العمل في ظروف صعبة حيث الوصول البشري غير ممكن.عملنا مخصص لعلاج بروتوكول التوجيه H-LEACH (منخفض الطاقة التكيف التجميع التسلسل الهرمي الهجين)، والذي يستخدم في حل مشاكل استهلاك الطاقة أثناء اختيار رئيس القناة. يعتبر H-LEACH الطاقة المتبقية والحد الأقصى من العقد لكل جولة في حين ان انتخاب رئيس قناة يتم باستخدام شرط عتبة. تمت مقارنة H-LEACH مع بروتوكول LEACH وC-LEACH ، وأثبتت أنها فعالة أكثر من كلا الطريقتين. تتم المحاكاة ل LEACH، C-LEACH وH-LEACH باستخدام برنامج المحاكات MATLAB.

الكلمات المفتاحية: شبكات الاستشعار اللاسلكية، LEACH ، H-LEACH، C-LEACH.

Résumé:

Les réseaux de capteurs sans fil sont l'une des technologies à croissance rapide dans le domaine de la communication, en raison de leur taille compacte et leur capacité à travailler dans des conditions difficiles où la portée humaine n'est pas possible. Notre travail consacré sur le traitement de protocole de routage LEACH-H (faible énergie adaptative en cluster hiérarchie hybride), qui est utilisé pour résoudre des problèmes de considérations énergétiques lors de l'élection d'une tête de canal. LEACH-H considère l'énergie résiduelle et maximale des nœuds pour chaque tour tout en élisant une tête de cluster en utilisant un état de seuil. LEACH-H est comparé au protocole LEACH et LEACH-C, et a prouvé qu'il est efficace que les deux méthodes. Les simulations pour LEACH, LEACH-C et LEACH-H sont réalisées à l'aide de programme de simulation MATLAB.

Les mots clé: RCSF, LEACH, LEACH-H, LEACH-C.

Abstract:

Wireless sensor networks are one of the fast growing technologies in communication field, because of their compact size and ability to work in rugged conditions where human reach is not possible. Our work dedicated on the treatment the routing protocol H-LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy hybrid), which is used to solve problems of energy considerations while electing a cluster head. H-LEACH considers residual and maximum energy of nodes for every round while electing a channel head using threshold condition. H-LEACH is compared with LEACH and C-LEACH protocol, and proved that it is efficient than both methods. Simulations for LEACH, C-LEACH and H-LEACH are done using simulation programme MATLAB.

Key words: WSN, LEACH, H-LEACH, C-LEACH.

Table des matières

LISTE DES FIGURES I

LISTE DES TABLEAU II

ABREVIATIONS III

Introduction générale 1

Chapitre I : les réseaux de capteur sans fil

1. Introduction 4

2. Définitions 4

2. 1. Définition d'un capteur sans fil 4

2.2. Définition des réseaux de capteurs sans fil 5

2.3. Nœud capteur 5

3. Architecture de communication d'un RCSF 6

3.1 Architecture plate et hiérarchique 7

3.2 Types de communications 7

3.2.1 Communications Single-Hop 7

3.2.2 Communications Multi-Hop 8

4. Applications des réseaux de capteurs 8

4.1. Applications militaires 9

4.2. Application à la surveillance 9

4.3. Application environnementale 9

4.4. Applications médicales 10

4.5. La domotique 10

4.6. Applications commerciales 10

4.7. Applications dans le domaine sportif 10

5. Consommation d'énergie dans les RCSF 11

5.1 Energie de capture 11

5.2 Energie de traitement 11

5.3 Energie de communication 12

5.4. Modèle de consommation d'énergie 12

6. Fiabilité, Tolérance aux fautes et adaptabilité 13

6.1. Débit 14

6.2. Topologie dynamique 14

6.3. Energie limitée 14

6.4. Densité de déploiement 14
6.5. Absence d'adressage fixe des nœuds 14
6.6. Durée de vie du réseau 15
6.7. Coût de fabrication 15
7. La redondance dans les réseaux de capteurs 15
7.1. Types de la redondance 16
7.2. Contribution de la redondance dans les RCSF 16
8. Conclusion 17
Chapitre II : Les protocoles de routage hiérarchique « LEACH »
1. Introduction 19
2. Protocole de routage dans RCSF 19
2.1 Protocole proactif 19
2.2. Les protocoles de routages réactifs 20
2.3Les protocoles de routages hybrides 20
3. LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 21
4. Avantages et inconvénients du protocole LEACH 24
4.1 Avantages 24
4.2 Inconvenient 25
5. Les descendants du protocole de routage LEACH 25
5.1. LEACH-F (Fixed no.of clusters Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 25
5.2. LEACH-B (Balanced Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 25
5.3. LEACH -TL (Two level Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 26
5.4. LEACH-E (Energy Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 26
5.5. LEACH-MH (Multi-Hop Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 27
5.6. LEACH-M (Mobile Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 28
5.7. LEACH-I (Improved Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 28
5.8. LEACH-A (Advanced Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 28
5.9. Cell-LEACH (Cell Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 29
5.10. LEACH-V (Vice Cluster Head Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 30

5.11. LEACH-C (LEACH- Centralized) 31
5.12. LEACH-H (LEACH hybrid) 32
6. Conclusion 34
Chapitre III : Sélection le meilleur protocole entre LEACH–H, LEACH-C et LEACH
1. Introduction 36
2. Généralités sur la simulation 36
2.1 Définition 36
2.2 Types de simulation 36
2.2.1 Systèmes de simulation discrète 37
2.2.2 Systèmes de simulation continue 37
3. Le langage MATLAB 37
4. Les cas de la simulation 37
5. Les Paramètres de simulation 38
6. Le protocole LEACH 39
6.1 L'organigramme 39
6.2. Résulta et discutions 40
7. Le protocole LEACH-C 43
7.1 L'organigramme (Election du cluster Head) 43
7.2. Résulta et discutions 44
8. Le protocole LEACH -H 47
8.1 L'organigramme 47
8.2. Résulta et discutions 48
9. Comparaissant entre LEACH, LEACH-C et LEACH-H 51
10. Conclusion 53
Conclusion générale 54
Bibliographie 55

Liste des figures

Chapitre I : les réseaux de capteur sans fil

Figure I.1 Quelques capteurs sans fils 4

Figure I.2 : Composants basiques d'un nœud capteur 6

Figure I.3 : Architecture générale d'un réseau de capteurs sans fil 6

Figure I.4 : Communications Single-Hop 7

Figure I.5 : Communications Multi-Hop 8

Figure 1.6 : Exemples d'applications des RCSF 11

Figure I.7 : Modèle de consommation d'énergie 13

Chapitre II : Les protocoles de routage hiérarchique « LEACH »

Figure II.1: classification des protocoles de routage 21

Figure II.2 – Formation de clusters dans LEACH 22

Figure II.3 : Le protocole TL-LEACH 26

Figure II.4 : Le protocole LEACH-E 27

Figure II.5 : Le protocole LEACH-MH 27

Figure II.6 : Le protocole LEACH-A 29

Figure II.7 : Le protocole Cell-LEACH 30

Figure II.8: Le protocole LEACH-V 31

Chapitre III : Sélection le meilleur protocole entre LEACH–H, LEACH-C et LEACH

Figure III.1 : L'environnement de la simulation 40

Figure III.2 : l'énergie moyenne de chaque nœud 41

Figure III.3 : le nombre de nœud mort 42

Figure III.4 : L'environnement de la simulation 44

Figure III.5 : l'énergie moyenne de chaque nœud 45

Figure III.6 : le nombre de nœud mort 46

Figure III.7 : L'environnement de la simulation 48

Figure III.8 : l'énergie moyenne de chaque nœud 49

Figure III.9 : le nombre de nœud mort 50

Figure III.10 : comparaison de l'énergie moyenne de chaque nœud dans les protocoles LEACH, LEACH-C et LEACH-H 51

Figure III.11 : comparaison du nombre de nœud mort dans les protocoles LEACH, LEACH-C et LEACH-H 52

Liste des tableaux

Chapitre II : Les protocoles de routage hiérarchique « LEACH »

Tableau II.1 : Comparaison d'exécution entre les variantes de protocole LEACH 33

Chapitre III : Comparaison entre LEACH ET H-LEACH

Tableau III.1: Les paramètres des simulations 38

Liste des abréviations

RCSF : réseaux de capteur sans fil

WSN: Wireless Sensors Network

ADC: Analog to Digital Converters

CH: Cluster Head

DSN: Distributed Sensor Network

DARPA: Defence Advanced Research Projects Agency

IP: Internet Protocol

TS: time slots

SB: station de base

CAG: contrôle actif generalise

TDMA: Time Division Multiple Access

CDMA: Code Division Multiple Access

SCH: sub-cluster head

MATLAB: matrix laboratory

LEACH: Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy

LEACH-C: Centralized Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy

LEACH-F: Fixed no.of clusters Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy

LEACH-B: Balanced Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy

LEACH -TL: Two level Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy

LEACH-E: Energy Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy

LEACH-MH: Multi-Hop Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy

LEACH-M: Mobile Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy

LEACH-I: Improved Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy

LEACH-A: Advanced Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy

Cell-LEACH: Cell Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy

LEACH-V: Vice Cluster Head Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy

LEACH-H: Hybrid Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy

Introduction générale

Les réseaux de capteurs présentent un champ d'application très vaste, que ce soit, par exemple, dans le domaine scientifique, logistique, militaire ou encore de la santé. Il s'agit de l'une des dix nouvelles technologies qui bouleverseront le monde et notre manière de vivre et de travailler.

La batterie est un composant important d'un capteur. En général, elle n'est ni remplaçable ni rechargeable. Elle peut être, en partie, alimentée par une unité génératrice d'énergie comme les cellules solaires. De petite taille, elle fournit donc une quantité d'énergie très limitée à l'échelle de 1 à 2 Joule par nœud (capteur). Elle limite ainsi la durée de vie du capteur et influe sur le fonctionnement global du réseau. C'est pour cela, les protocoles permettant d'économiser l'énergie occupent, aujourd'hui, un axe important de recherche dans ce domaine [19].

Un capteur assure l'acquisition, le traitement de données et les communications. C'est cette dernière tâche qui est la plus consommatrice d'énergie. Un bon schéma de gestion d'énergie doit donc, en priorité, prendre en compte les communications. La plupart des protocoles de communications dans les réseaux Ad-Hoc ne s'adaptent pas aux particularités des réseaux de capteurs. D'où, la nécessité de les améliorer ou de développer de nouveaux protocoles. Les deux principales classes de protocoles utilisées, à l'heure actuelle, dans les réseaux sans fils, s'appuient sur la technique de routage multi-sauts ou le clustering. Plusieurs approches sont proposées pour calculer le chemin optimal dans les protocoles de routage multi-sauts. Certaines proposent de prendre le chemin le plus court, en termes de distance, vers la station de base. D'autres, se basent sur le niveau d'énergie dans les nœuds tout au long du chemin en privilégiant les nœuds ayant des quantités d'énergie maximales. D'autres encore, choisissent un chemin optimal en privilégiant certains nœuds dont la présence dans le chemin permet de consommer moins d'énergie [13].

Cependant, le premier inconvénient du routage multi-sauts dans les réseaux sans fils est la périodicité des messages envoyés pour maintenir les itinéraires valides, ce qui a pour effet d'encombrer le réseau et de consommer ainsi de l'énergie supplémentaire.

Le clustering (ou la classification) donne en revanche de meilleurs résultats, c'est pourquoi nous avons, également, retenu cette approche, dans notre mémoire, nous proposons d'adapter

une méthode d'apprentissage connexionniste non supervisée, à la nature du problème traité en introduisant l'aspect évolutif et dynamique de la classification. Cette nouvelle approche de classification évolutive permettra d'améliorer l'efficacité du routage dans les réseaux de capteurs. En effet, le nouvel algorithme de routage que nous proposons donne de meilleurs résultats que ceux obtenus par les protocoles LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy) et LEACH-C (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy - C).

Notre travail est organisé comme suit : nous présentons, tout d'abord, on va présenter les réseaux des capteurs sans fil : leur architecture et les domaines d'application, ses caractéristiques, l'énergie des capteurs, fiabilité et redondance de réseaux des capteurs sans fil. Nous étudions, ensuite, les protocoles de routage et en précisant le protocole LEACH et ses descendants des protocoles de routage basés sur le clustering. Puis, nous décrivons de divers algorithmes de groupement et une analyse comparative de protocole LEACH avec sa version améliorée LEACH-H on utilise le simulateur de programme MATLAB. Finalement, nous montrons, à travers une série d'expérimentations, quelques résultats de validation de notre nouvel algorithme et présentons nos perspectives de recherche.



CHAPITRE 1

Les réseaux de capteur sans fil

1. Introduction :

L'apparition des nouvelles technologies ainsi que les progrès effectués dans le domaine des réseaux et du traitement de l'information ont entraîné l'apparition de nouveaux outils et objets tels que les réseaux de capteurs et leurs applications

L'objectif de ce chapitre est de donner d'abord une vue générale sur les réseaux de capteurs, en présentant leurs architecture, leurs domaines d'application. Nous abordons en suite à ses caractéristiques et contrainte. On parlera enfin sur la fiabilité et le concept de la redondance.

2. Définitions :

Dans ce qui suit nous définirons les capteurs sans fil et les réseaux de capteurs sans fil et leur principal composant le nœud capteur

2.1. Définition d'un capteur sans fil :

Un capteur sans fil est un petit dispositif électronique capable de mesurer une valeur physique environnementale (température, lumière, pression, humidité, vibration, etc.), et de la communiquer à un centre de contrôle via une station de base. Chaque capteur assure les trois principales fonctions de base qui sont : l'acquisition de données, les traitements sur ces données et leurs communications aux stations de bases [18]. La figure suivante montre quelques capteurs :

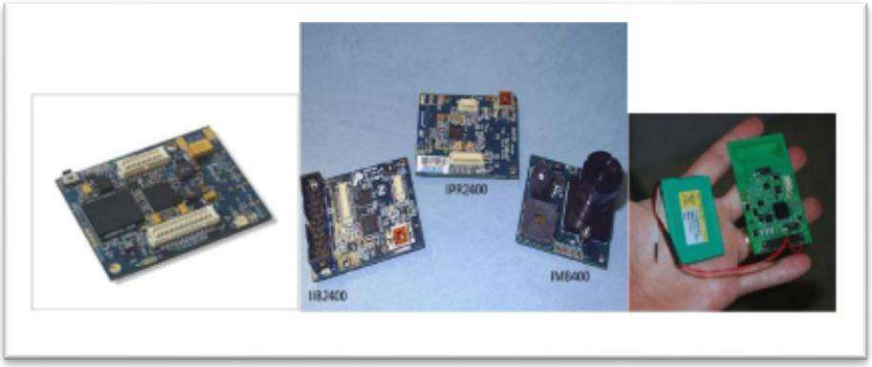


Figure I.1 *Quelques capteurs sans fils*

2.2. Définition des réseaux de capteurs sans fil

Un réseau de capteurs sans fil est un ensemble de nœuds capteurs dont le nombre varie de quelques dizaines d'éléments à plusieurs milliers voire des millions. Les capteurs ne sont pas intégrés à une quelconque architecture de communication préexistante, mais ils communiquent à l'aide d'un réseau Ad Hoc sans fil. L'alimentation électrique de chaque capteur est assurée par une batterie individuelle dont la consommation pour la communication et le calcul lié au traitement de l'information doit être optimisée [19].

2.2. Nœud capteur

C'est un nœud dans un réseau de capteurs qui est capable de réaliser certains traitements, comme la collecte d'informations sensorielles et la communication avec d'autres nœuds connectés sur le réseau. Il est principalement composé d'un processeur, d'une mémoire, d'un émetteur/récepteur radio, d'un ensemble de capteurs et d'une pile (source d'énergie) [13].

Comme précédemment évoqué, plusieurs unités composent chaque nœud d'un RCSF, ce point sera détaillé dans ce qui suit [15] :

- **Unité de capture** : elle est composée de deux sous unités, un dispositif de capture physique qui prélève l'information de l'environnement local et un convertisseur analogique/numérique appelé ADC (Analog to Digital Converters).
- **Unité de traitement :** c'est le noyau (l'unité principale) du capteur sans fil, habituellement composé d'un microprocesseur avec une quantité limitée de mémoire. Les données captées sont communiquées au microprocesseur ou sont stockées dans la mémoire.
- **Unité de communication** : les données reçues par l'unité de capture sont traitées et, éventuellement, transmises par la suite par l'unité de communication qui se charge d'effectuer toutes les émissions et réceptions des données sur un modem sans fil, cette unité est généralement capable d'effectuer des communications bidirectionnelles.

  Concevoir des unités de transmission de type radiofréquence avec une faible consommation d'énergie est un défi car pour qu'un nœud ait une portée de communication suffisamment grande, il est nécessaire d'utiliser un signal assez puissant et donc une énergie consommée plus importante.

- **Unité d'énergie (source d'énergie) :** c'est un élément clé au sein de l'architecture d'un nœud capteur. Cette dernière fait office de ressource énergétique et est donc responsable

de l'approvisionnement en puissance électrique requise par les autres unités du système. Une batterie est généralement utilisée à cet effet. Souvent dans les environnements sensibles il est pratiquement impossible de recharger ou de changer une batterie, ces dispositifs possèdent donc une quantité limitée en énergie, ce qui en fait la ressource la plus précieuse d'un capteur, car elle influe directement sur sa durée de vie.

La figure ci-dessous illustre les composants principaux d'un nœud capteur.

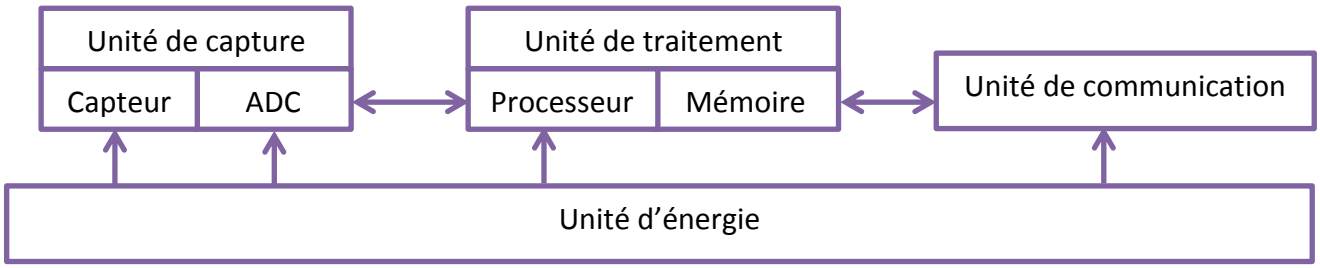


Figure I.2 : *Composants basiques d'un nœud capteur.*

3. Architecture de communication d'un RCSF

Un réseau de capteur sans fil est communément constitué d'un large nombre de nœuds aléatoirement déployés dans une région d'intérêt. Les informations récoltées sont acheminées à travers les nœuds jusqu'à atteindre des entités spéciales appelées puits (ou base) [06].

L'architecture générale d'un RCSF est illustrée dans la figure I.3.

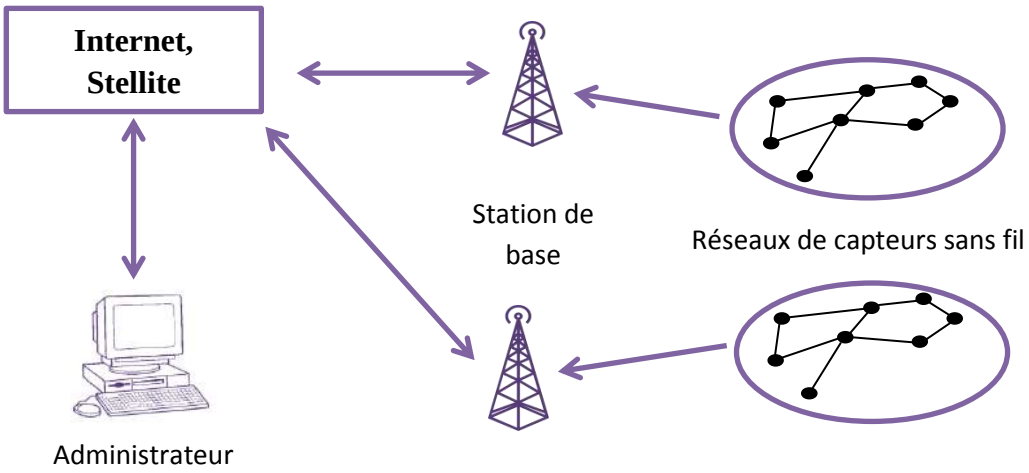


Figure I.3 : *Architecture générale d'un réseau de capteurs sans fil.*

Les puits sont des nœuds avec deux ou plusieurs interfaces réseau qui agissent en tant que passerelle entre les RCSF et le réseau de l'utilisateur (par exemple, un réseau local ou internet).

Le plus souvent, le puits recueille et traite les données du réseau, envoyant ainsi seulement des informations pertinentes à l'utilisateur. Il peut également recevoir des commandes à exécuter sur le réseau interne provenant de celui-ci (l'utilisateur) [14].

3.1 Architecture plate et hiérarchique

Dans les architectures plates, chaque nœud joue le même rôle pour ce qui est de la capture et de la transmission de l'information, alors que dans les architectures hiérarchiques, les nœuds sont organisés en clusters (groupes). Un ou plusieurs nœuds (nœuds de tête ou CH) sont responsables de la communication avec les autres clusters ou directement avec le puits (la base). Le CH peut être sélectionné dynamiquement par divers critères, y compris son énergie disponible ou sa proximité [14].

3.2 Types de communications

Un nœud capteur peut communiquer directement, sans détour, grâce à une communication Single-Hop (à un seul saut) avec le puits, ou bien en utilisant une communication Multi-Hop (à sauts multiples), passant ainsi l'information à ses voisins [14].

3.2.1 Communications Single-Hop

Les communications Single-Hop conduisent à des transmissions sur de longues distances, il en résulte une hausse significative en consommation d'énergie.

La figure suivante illustre ce type de communications.

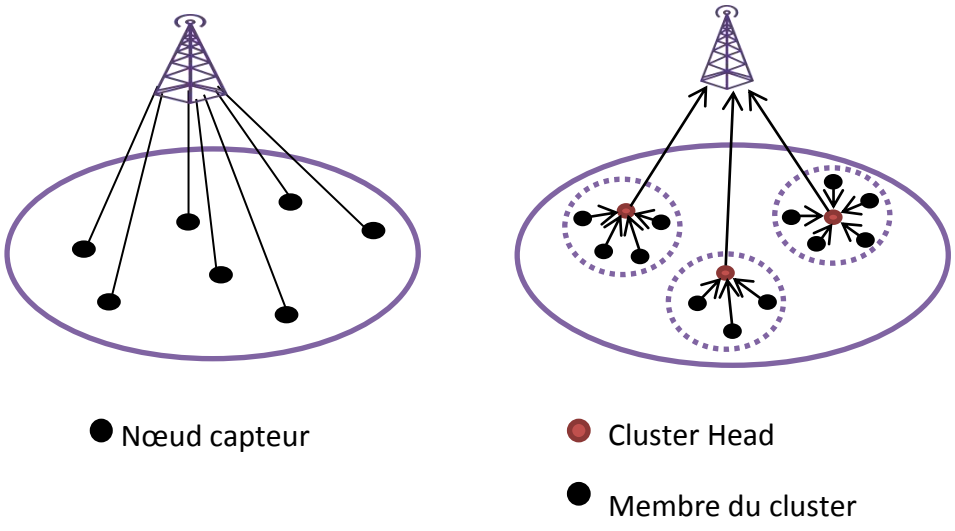


Figure I.4 : *Communications Single-Hop.*

3.2.2 Communications Multi-Hop

L'utilisation d'une communication Multi-Hop permet de réduire la distance de transmission, réduisant ainsi la déperdition d'énergie en vue d'une hausse de la durée de vie du réseau.

Dans la transmission à sauts multiples, l'architecture du réseau joue un rôle majeur. Les architectures de réseau à sauts multiples sont typiquement divisées en architectures plates ou hiérarchiques.

La figure ci-dessous représente cette architecture.

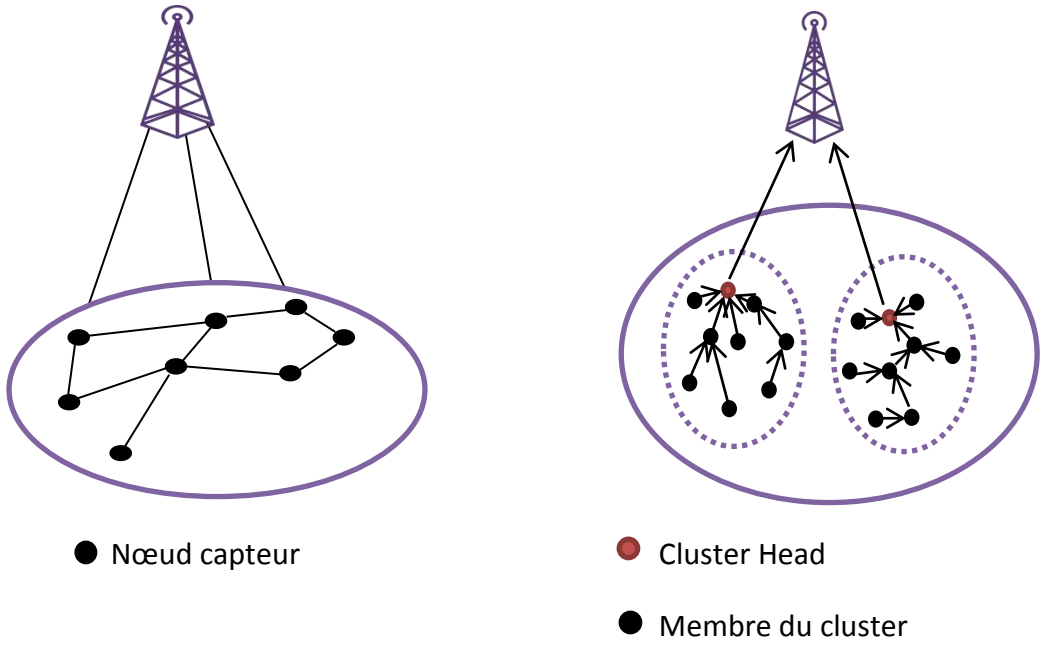


Figure I.5 : *Communications Multi-Hop.*

4. Applications des réseaux de capteurs

La miniaturisation, l'adaptabilité, le faible coût et la communication sans fil permettent aux réseaux de capteurs d'envahir plusieurs domaines d'applications. Ils permettent aussi d'étendre le domaine des applications existantes. Parmi ces domaines où ces réseaux se révèlent très utiles et peuvent offrir de meilleures contributions, on peut noter la surveillance, le militaire, la santé, le scientifique, l'industriel, le médical, le climatique, l'environnemental etc. Voici quelques exemples d'applications potentielles dans ces différents domaines [03]:

4.1. Applications militaires :

Comme dans le cas de la majorité des technologies, le domaine militaire a été un moteur initial pour le développement des réseaux de capteurs. Le déploiement rapide, le coût réduit, l'auto-organisation et la tolérance aux pannes des réseaux de capteurs sont des caractéristiques qui rendent ce type de réseaux un outil adéquat dans un tel domaine. Comme exemple d'application dans ce domaine, on peut penser à un réseau de capteurs déployé sur un endroit stratégique ou difficile d'accès, comme les zones infectées.

Des tests concluants ont déjà été réalisés dans ce domaine par l'armée américaine dans le désert de Californie [08], le projet DSN (Distributed Sensor Network) au DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) était l'un des premiers projets dans les années 80 ayant utilisés les réseaux de capteurs pour rassembler des données distribuées. Un réseau de capteurs peut être déployé dans un endroit stratégique ou hostile, afin de surveiller les mouvements des forces ennemies, ou analyser le terrain avant d'y envoyer des troupes (détection d'intrusions, détection des armes chimiques, biologiques ou radiations nucléaires) [03].

4.2. Application à la surveillance :

L'application des réseaux de capteurs dans le domaine de sécurité peut diminuer considérablement les dépenses financières consacrées à la sécurisation des lieux et des êtres humains. Ainsi, l'intégration des capteurs dans de grandes structures telles que les ponts ou les bâtiments aidera à détecter les fissures et les altérations dans la structure suite à un séisme ou au vieillissement de la structure. Le déploiement d'un réseau de capteurs de mouvement peut constituer un système d'alarme qui servira à détecter les intrusions dans une zone de surveillance [03].

4.3. Application environnementale :

Les réseaux de capteurs peuvent être utilisés pour surveiller les changements environnementaux. Ils servent à déterminer les valeurs de certains paramètres à un endroit donné, comme par exemple : la température, la pression atmosphérique, etc. En dispersant des nœuds capteurs dans la nature, on peut détecter des événements tels que des feux de forêts, des tempêtes ou des inondations. Ceci permet une intervention beaucoup plus rapide et efficace des secours. Dans le domaine de l'agriculture, les capteurs peuvent être utilisés pour

réagir convenablement aux changements climatiques, par exemple en déclenchant le processus d'arrosage lors de la détection de zones sèches dans un champ agricole [03].

4.4. Applications médicales :

Dans le domaine de la médecine, les réseaux de capteurs peuvent être utilisés pour assurer une surveillance permanente des organes vitaux de l'être humain grâce à des micro-capteurs qui pourront être avalés ou implantés sous la peau (surveillance de la glycémie, détection de cancers, etc.). Ils peuvent aussi faciliter le diagnostic de quelques maladies en effectuant des mesures physiologiques telles que : la tension artérielle, battements du cœur, à l'aide des capteurs ayant chacun une tâche bien particulière. Les données physiologiques collectées par les capteurs peuvent être stockées pendant une longue durée pour le suivi d'un patient pour une ultérieure décision médicale [03].

4.5. La domotique :

Le déploiement des capteurs de mouvement et de température dans les futures maisons dites intelligentes permet d'automatiser plusieurs opérations domestiques telles que : la lumière qui s'éteint et la musique qui se met en état d'arrêt quand la chambre est vide, la climatisation et le chauffage s'ajustent selon les points multiples de mesure, le déclenchement d'une alarme par le capteur anti-intrusion quand un intrus veut accéder à la maison [03].

4.6. Applications commerciales :

Il est possible d'intégrer des nœuds capteurs au processus de stockage et de livraison. Le réseau pourra être utilisé pour connaître la position, l'état et la direction d'un paquet ou d'une cargaison. Il devient alors possible pour un client qui attend la réception d'un paquet, d'avoir un avis de livraison en temps réel et de connaître la position actuelle du paquet. Pour les entreprises manufacturières, les réseaux de capteurs permettront de suivre le procédé de production à partir des matières premières jusqu'au produit final livré. Grâce aux réseaux de capteurs, les entreprises pourraient offrir une meilleure qualité de service tout en réduisant leurs coûts [03].

4.7. Applications dans le domaine sportif :

L'évolution des réseaux de capteurs est utilisée de plus en plus dans le domaine sportif, à savoir les systèmes de surveillance, les systèmes de calcul de trajectoires (comme dans le tennis), systèmes de détection d'erreurs d'arbitrage (comme dans le football indiquent si le balle a franchi la ligne de but).

D'autres applications des réseaux de capteurs sont illustrées dans la figure I.6 qui suit [03].



Figure I.6 : *Exemples d'applications des RCSF*

5. Consommation d'énergie dans les RCSF

Les capteurs sont conçus avec un module d'énergie limité. Ainsi, cette dernière doit être utilisée efficacement afin de maximiser la durée de vie du réseau. De plus, une fois l'énergie d'un nœud épuisée, il est considéré défaillant ce qui provoque une forte probabilité de perdre la connectivité du réseau.

L'énergie consommée par un nœud capteur est due essentiellement aux opérations suivantes : la capture, le traitement et la communication de données [26].

5.1 Energie de capture :

L'énergie de capture est dissipée pour accomplir les tâches suivantes : échantillonnage, traitement de signal, conversion analogique/numérique et activation de la sonde de capture. En général, l'énergie de capture représente un faible pourcentage de l'énergie totale consommée par un nœud [26].

5.2 Energie de traitement :

L'énergie de traitement se divise en deux parties : l'énergie de commutation et l'énergie de fuite. L'énergie de commutation est déterminée par la tension d'alimentation et la capacité totale commutée au niveau logiciel (en exécutant un logiciel). Par contre, l'énergie de fuite correspond à l'énergie consommée lorsque l'unité de calcul n'effectue aucun traitement. En général, l'énergie de traitement est faible par rapport à celle nécessaire pour la communication [26].

5.3 Energie de communication :

L'énergie de communication se décline en deux parties : l'énergie de réception et l'énergie d'émission.

Cette énergie est déterminée par la quantité de données à communiquer et la distance de transmission, ainsi que par les propriétés physiques du module radio. L'émission d'un signal est caractérisée par sa puissance. Quand la puissance d'émission est élevée, le signal aura une grande portée et l'énergie consommée sera plus élevée. Notons que l'énergie de communication représente la portion la plus grande de l'énergie consommée par un nœud capteur [26].

5.4. Modèle de consommation d'énergie :

Un capteur utilise son énergie pour réaliser trois actions principales : l'acquisition, la communication et le traitement des données.

- Acquisition : L'énergie consommée pour effectuer l'acquisition n'est pas très importante. Néanmoins, elle varie en fonction du phénomène et du type de surveillance effectué.
- Communication : Les communications consomment beaucoup plus d'énergie que les autres tâches.

Elles couvrent les communications en émission et en réception. La figure I.7 présente un modèle d'antenne et les règles de consommation d'énergie associées [26].

Pour transmettre un message de k bits sur une distance de d mètres, l'émetteur consomme :

$$E_{Tx}(k, d) = E_{Tx}(l) + E_{Tx_amp}(k, d) \qquad (I.1)$$

$$E_{Tx}(k, d) = \begin{cases} k.\, E_{elec}(k,d) + k.\varepsilon_{friss}.d^2 & \text{Si } d < d_{Crossover} \\ k.\, E_{elec}(k,d) + k.\varepsilon_{two_ray_amp}.d^4 & \text{Sinon} \end{cases} \qquad (I.2)$$

Pour recevoir un message de *k* bits, le récepteur consomme :

$$E_{Rx}(k) = E_{Rx_elec}(k) = k.E_{elec} \qquad (I.3)$$

Avec : E_{elec} : énergie de transmission/réception électronique ; k : taille d'un message ; d : distance entre l'émetteur et le récepteur ; E_{Tx_amp} : énergie d'amplification; ε_{amp}: facteur

d'amplification; $d_{crossover}$: distance limite pour laquelle les facteurs de transmission changent de valeur.

La figure suivante illustre ce modèle de consommation d'énergie.

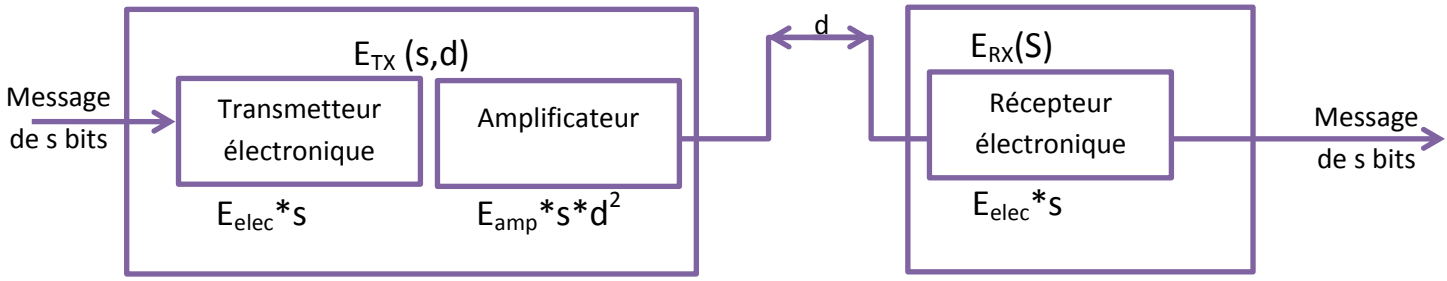


Figure I.7 : *Modèle de consommation d'énergie.*

Traitement des données : L'énergie consommée pour les opérations de calculs est beaucoup plus faible que l'énergie de communication. L'énergie nécessaire pour transmettre 1 KB sur une distance de 100 m est approximativement équivalente à l'énergie nécessaire pour exécuter 3 millions d'instructions avec une vitesse de 100 millions d'instructions par seconde (MIPS). Ce niveau peut être dépassé en fonction des circuits installés dans les nœuds et des fonctionnalités requises [26].

Par la suite, elle sera calculée en appliquant la formule suivante :

$$E_{DA} = 5 \text{ nJ/bit/signal} \qquad (4)$$

6. Fiabilité, Tolérance aux fautes et adaptabilité

Le réseau devrait pouvoir détecter l'échec d'un nœud et s'organiser, se reconfigurer et récupérer des échecs de nœud sans desserrer aucune information

Les réseaux de capteurs sont obligés pour fonctionner en s'adaptant aux changements environnementaux que les capteurs contrôlent. Les réseaux devraient être autodidactes [08].

6.1. Débit :

Afin de minimiser l'énergie consommée lors de transfert de données entre les nœuds, les capteurs opèrent à bas débit. Typiquement, le débit utilisé est de quelques dizaines de Kb/s. Un débit de transmission réduit n'est pas handicapant pour un réseau de capteurs où les fréquences de transmission ne sont pas importantes [08].

6.2. Topologie dynamique :

La dynamicité du réseau découle des défaillances des nœuds ou des cassures des liens entre ceux-ci. Le réseau de capteurs a une forte dynamicité de topologie surtout lorsqu'il s'agit d'un réseau mobile. Elle change d'une manière fréquente suite à la mobilité continue des nœuds qui forment la topologie du réseau. Le redéploiement et l'ajout d'autres nœuds peuvent être envisagés pour pallier quelques défaillances. Le réseau de capteurs doit pouvoir se réorganiser rapidement avec un coût énergétique réduit. Le redéploiement, la mobilité et les défaillances font varier la topologie du réseau, dont la connexité n'est pas toujours assurée [08].

6.3. Energie limitée :

La capacité d'énergie limitée au niveau des capteurs représente la contrainte principale lors de conception de protocoles pour les réseaux de capteurs.

Les RCSF visent la consommation d'énergie puisque l'alimentation de chaque nœud est assurée par une source d'énergie limitée et généralement irremplaçable à cause de l'environnement hostile où il est déployé. De ce fait, la durée de vie d'un RCSF dépend fortement de la conservation d'énergie au niveau de chaque nœud [08].

6.4. Densité de déploiement :

Le nombre de nœuds capteurs peut atteindre des millions de nœuds pour permettre une meilleure granularité de surveillance. De plus, si plusieurs nœuds capteurs se retrouvent dans une région, un nœud défaillant pourra être remplacé par un autre. Cependant, la densité de déploiement donne naissance à des challenges pour la communication entre les nœuds. En effet, elle provoque des collisions ou des endommagements des paquets transmis [08].

6.5. Absence d'adressage fixe des nœuds

Les nœuds dans les réseaux sans fil classiques sont identifiés par des adresses IP.

Cependant, cette notion n'existe pas dans les RCSF. Ces derniers utilisent un adressage basé sur l'attribut du phénomène capté, on parle donc de l'adressage basé-attribut. En effet, les

requêtes des utilisateurs ne sont pas généralement destinées à un seul nœud, mais plutôt, à un ensemble de nœuds identifiés par un attribut [21].

6.6. Durée de vie du réseau :

La durée de vie est un élément essentiel pour tout réseau de capteurs sans fil. Le but de n'importe quelle application est d'avoir des nœuds placés sur le terrain pour des mois ou des années. Le principal facteur limitant la durée de vie d'un réseau de capteurs est l'énergie.

Comme la seule source d'énergie d'un capteur est une batterie à durée de vie limitée, l'optimisation énergétique doit être prise en considération quel que soit le problème traité. En effet, un réseau de capteurs ne peut pas survivre si la perte de nœuds est très importante car ceci engendre des pertes de communications dues à une très grande distance entre les nœuds restants. Donc il est très important que les batteries durent le plus longtemps possible, étant donné que dans la plupart des applications il est impossible de retourner les changer [21].

6.7. Coût de fabrication :

Le coût de production d'un seul micro-capteur est très important pour l'évaluation du coût global du réseau, si ce dernier est supérieur à celui nécessaire pour le déploiement des capteurs classiques, l'utilisation de cette nouvelle technologie ne serait pas financièrement justifiée. Par conséquent, réduire le coût de production jusqu'à moins de 1$ par nœud est un objectif important pour la faisabilité de la solution des réseaux de capteurs sans fil [08].

7. La redondance dans les réseaux de capteurs

La redondance représente pour les réseaux de capteurs une caractéristique qui est à la fois rentable et pénalisante. Elle peut être utilisée pour améliorer la fiabilité de la détection, l'exactitude des données collectées ou encore augmenter la durée de vie du réseau. Par contre, elle engendre un transfert de données plus important et implique une charge de trafic supplémentaire. Ce constat motive les chercheurs à renforcer ses aspects positifs.

Le concept de la redondance n'est pas formellement défini sous tous ses aspects dans les réseaux de capteurs. De plus, cette propriété peut être définie de différentes façons, toutefois nous avons retenu la définition suivante qui nous semble être la plus appropriée pour le contexte des réseaux de capteurs : La redondance est l'ajout de ressources supplémentaires qui peuvent produire des résultats similaires [07].

7.1. Types de la redondance

La redondance peut avoir plusieurs formes suivantes : spatiale (duplication de composant), temporelle (traitement multiple) et informationnelle (code et signature) [07].

- **La redondance spatiale (physique)** : Signifie la possibilité d'obtenir l'information d'une position spécifique à partir de différentes sources et elle se base sur le positionnement géographique des nœuds capteurs dans la zone d'intérêt et elle implique la réplication des ressources dans la surface de couverture du réseau.
- **La redondance temporelle** : Elle est utilisée pour augmenter la précision des données collectées par le capteur et à masquer les erreurs dans la détection ou la communication, en exécutant une action plus d'une fois dans le temps.
- **La redondance d'information** : Elle introduit une redondance dans la représentation de l'information, en ajoutant des données redondantes, tel que les bits de parité qui permettent de détecter les erreurs ou bien des extra bits qui permettent de reconstruire l'information perdue.

Les réseaux de capteurs sont denses et redondants. En effet, bien que les nœuds capteurs puissent être placés un à un de manière déterministe par un humain ou par un robot, le déploiement aléatoire est adopté dans la majorité des scénarios pour des raisons pratiques telles que le coût et le temps.

7.2. Contribution de la redondance dans les RCSF :

La redondance induite par ce déploiement aléatoire est mise à profit pour améliorer certains aspects des réseaux de capteurs, telle que la consommation d'énergie, la sécurité, la couverture de surface ou encore la fiabilité de l'application [07].

- **La fiabilité** : pour obtenir des résultats fiables essentiellement lorsque les nœuds sont défectueux ou rencontrent un dysfonctionnement, ce qui permet la tolérance aux pannes.
- **La sécurité** : Pour y remédier aux attaques, la redondance spatiale peut être utilisée pour comparer les lectures locales avec celles obtenues des capteurs redondants, puis un système de décision basé connaissances est construit pour exclure les nœuds malicieux du réseau.

- **L'économie d'énergie** : Comme les capteurs disposent de ressources énergétiques limitées, et que de plus cette source d'énergie se tarit et conditionne donc la durée de vie du réseau, l'optimisation énergétique doit être prise en considération quel que soit le problème traité, La majorité des solutions proposées pour optimiser la consommation d'énergie exploite la redondance spatiale entrainée par le déploiement aléatoire, et ce en ordonnançant l'activité des capteurs redondants. Cet ordonnancement consiste à alterner les charges de façon à épuiser les nœuds équitablement : pendant qu'une partie participe à l'application, les capteurs redondants sont dans un mode passif, économisant ainsi leur énergie.
- **Le recouvrement de la couverture de surface** : L'utilisation des capteurs dans des zones sensibles rend impossible un déploiement déterministe. Une façon de rétablir la couverture de surface est de déplacer les capteurs redondants les plus proches de la région non couverte. Cette solution s'applique aux réseaux de capteurs mobiles. Elle contribue également à renforcer la tolérance aux défaillances des réseaux de capteurs.

8. Conclusion

Les réseaux de capteurs sans fil se propagent dans plusieurs domaines d'application. Ils sont devenus indispensables pour les mesures de certaines grandeurs physiologiques physiques telles que la température, l'humidité, la vibration, etc ...

Cependant, les pannes sont inévitables dans ce type de réseaux. Ces pannes peuvent avoir des conséquences catastrophiques. De ce fait, il est nécessaire de concevoir la partie tolérance aux pannes dans la plupart des protocoles.

Le chapitre suivant est consacré pour détailler la notion de tolérance aux pannes dans les réseaux de capteurs sans fil et son utilité.



CHAPITRE 2

Les protocoles de routage hiérarchique « LEACH »

1. Introduction :

Les réseaux de capteurs sans fil, sont destinés à relever des informations dans des environnements hostiles auxquels l'homme n'a pas toujours accès. C'est pourquoi on considère qu'une fois qu'ils sont déployés, les capteurs sont autonomes. Leur durée de vie est donc la durée de vie de leur batterie. Le facteur énergie est donc au centre de toutes les préoccupations sur les capteurs (protocoles de routage « économiques », technologie sans fil adaptée, etc…). Il faut minimiser les dépenses énergétiques, car l'énergie est une contrainte clé dans les réseaux de capteurs. Comme notre travail de thèse entre dans le cadre de l'étude du problème de routage dans les réseaux de capteurs sans fil. Nous présentons dans ce chapitre les protocoles de routage et en précisant le protocole LEACH et ses descendants.

2. Protocole de routage dans RCSF :

La technique de routage est une méthode d'acheminement des données à la bonne destination à travers un réseau de connexion donnée. Le problème de routage au sein des RCSFs est assez complexe et cela est dû essentiellement à l'absence d'infrastructure fixe (forêt, mer, etc…), de toute administration centralisée et à d'autres défis qui doivent être vérifié.

Avant d'entamer la phase de conception d'une technique de routage efficace en énergie, il est nécessaire d'apporter une étude minutieuse des principaux protocoles de routages utilisés dans les RCSFs. Les différents protocoles de routage vont être découpés en trois grandes classes à savoir : les protocoles de routages proactifs, réactifs et les protocoles de routages hybrides [11].

2.1 Protocole proactif :

Les protocoles de routage proactifs maintiennent à jour les tables de routage avant de commencer la transmission. Chaque nœud maintient donc une table pour stocker les informations de routage. Du fait de l'aspect dynamique de la topologie des réseaux, la maintenance des tables de routage nécessite l'envoi périodique par chaque nœud un message de signalisation indiquant sa présence à tous ses voisins. L'idée majeure est de conserver dans chaque nœud des informations de routage vers tous les autres nœuds du réseau pour accélérer le routage des paquets par la suite. Les changements topologiques du réseau sont gérés par la propagation à tous les voisins la mise à jour des routes afin que chacun d'eux puisse maintenir une vue globale sur réseau. Malheureusement ces protocoles atteignent rapidement leurs

limites avec l'accroissement du nombre de nœuds et de leur mobilité. Or les changements topologiques sont fréquents et le réseau sera ainsi constamment inondé par les paquets de contrôle qui réduisent considérablement la bande passante. Mais ils permettent, en cas d'envoi successif d'informations d'une même source vers une même destination, d'utiliser toujours la même route connue à l'avance [11].

2.2. Les protocoles de routages réactifs

La deuxième classe de protocole que nous allons étudier est le protocole de routage réactif. Un protocole réactif permet d'établir une table de routage lorsqu'un nœud capteur décide de transmettre des données (suite à un événement). Il n'a aucune donnée sur le réseau. Ne connaissant pas la topologie de celle-ci ni l'énergie disponible. Le protocole réactif va permettre de rassembler les différentes données des entités du réseau pour déterminer le chemin le plus optimale à prendre afin de communiquer avec un autre nœud du réseau, ou avec le nœud puits (sink) [11].

2.3Les protocoles de routages hybrides

Ces protocoles combinent les propriétés de base des deux premières classes de protocoles, en un seul. Autrement dit, ils sont à la fois réactifs et proactifs. Les protocoles hybrides sont utilisés dans un réseau découpé en zone. Ils emploient un protocole proactif dans la zone et un protocole réactif pour les communications interzones.

Quand un réseau est constitué de milliers de capteurs, la gestion de l'acheminement des données entre les différents capteurs est coûteuse dans le domaine énergétique et en capacité de stockage. Dans la technique de clustering, les données ne sont pas transmises directement à la station de base mais au ClusterHead (CH) correspondant. A partir de là, le ClusterHead transmet toutes les données agrégées à une station de base distante.

Alors nous pouvons en déduire que les ClusterHead reçoivent et transmettent le plus de données dans un cluster est en proie à une grande consommation d'énergie. Donc il est nécessaire de mettre en place des techniques permettant d'éviter à un ClusterHead de consommer sa capacité énergétique totale.

Pour être utilisé, cette technique de partitionnement en plusieurs zones, confère aux nœuds deux tables de routages. La première table aura pour objectif d'acheminer les données à l'intérieur de la zone. Et la deuxième table aura pour but de router les données entre les différentes zones du réseau. Cette deuxième table de routage est utilisée par les nœuds qui sont aux frontières des différentes zones. Ces derniers joueront le rôle de « Gateway » (portes,

relais) entres les différentes zones du réseau. La figure suivante donne un exemple la technique de partitionnement en zones dans un réseau de capteurs et l'acheminement d'information entre deux nœuds se situant dans des zones différentes [11].

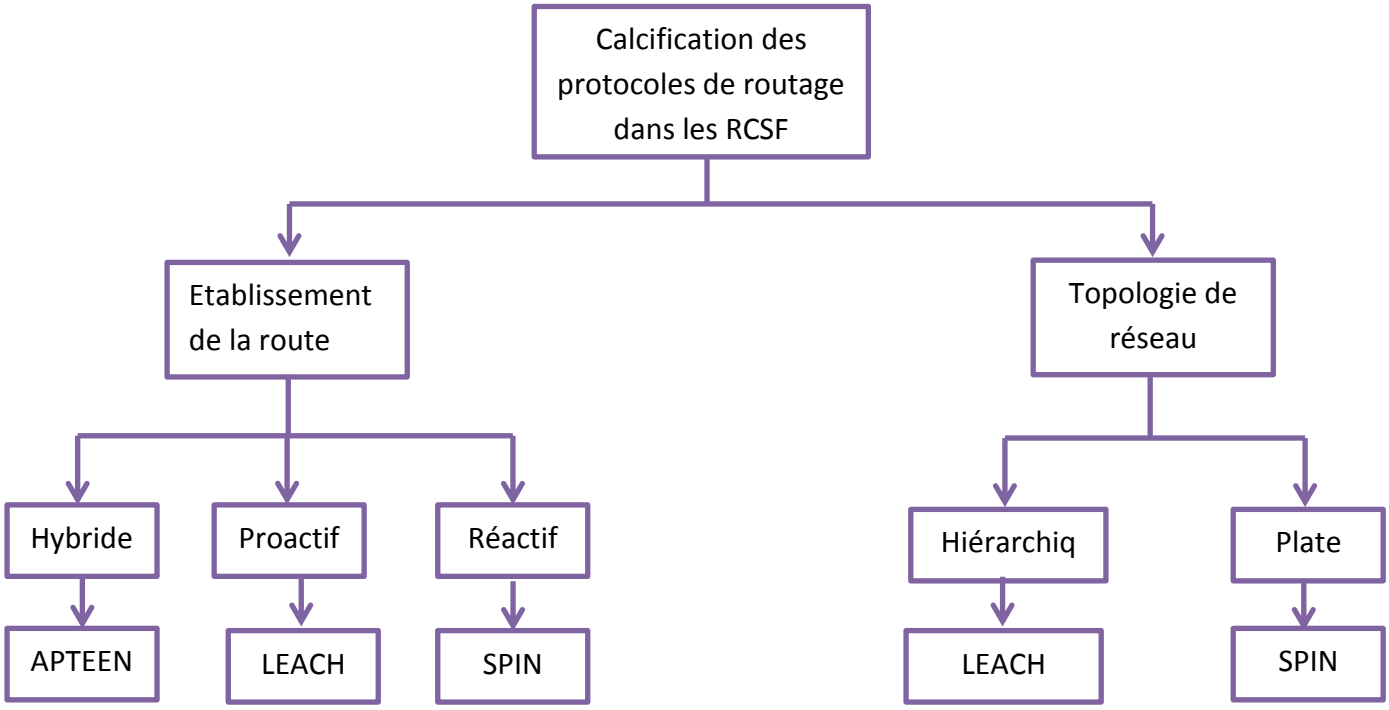


Figure II.1: *classification des protocoles de routage*

3. LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)

Heinzelman et al. Ont proposé un algorithme de clustering distribué appelé LEACH pour le routage dans les réseaux de capteurs homogènes. LEACH choisit aléatoirement les nœuds cluster-heads et attribue ce rôle aux différents nœuds selon la politique de gestion Round-Robin pour garantir une consommation équitable d'énergie entre les nœuds parce que le cluster-head de part, sa fonction consomme le plus. Dans le but de réduire la quantité d'informations transmises à la station de base, les cluster-heads agrègent les données capturées par les autres nœuds du cluster et envoient un paquet agrégé à la station de base.

LEACH est exécuté en deux phases : la phase "set-up" et la phase "steady-state" suivant la figure II.2.

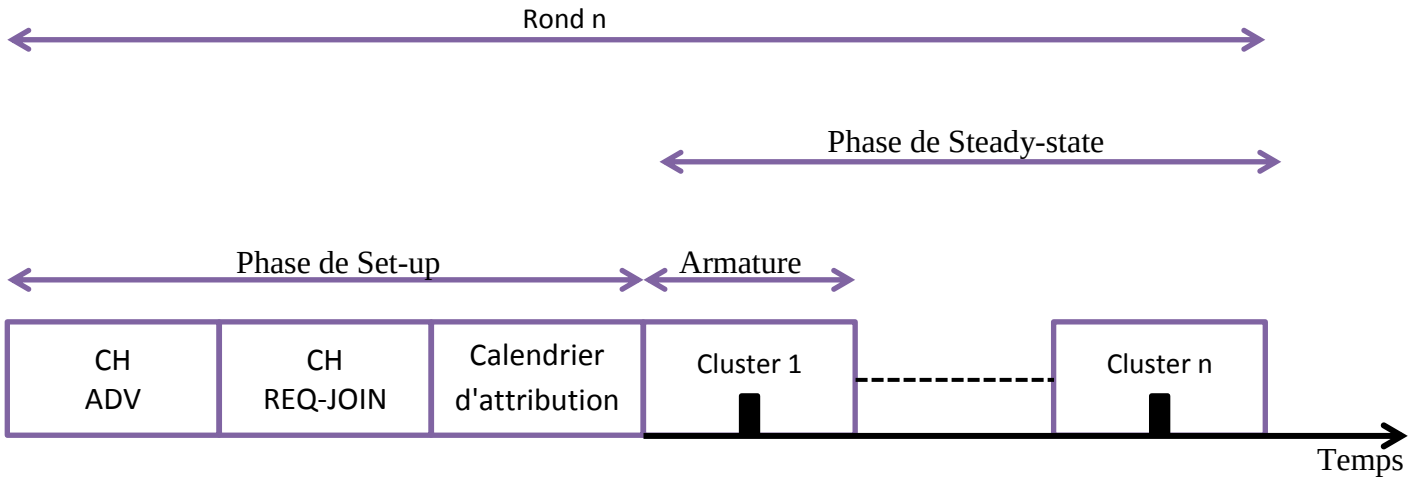


Figure II.2 – *Formation de clusters dans LEACH*

Dans la première phase, les cluster-heads sont élus et les clusters sont formés, et dans la seconde phase, le transfert de données vers la station de base a lieu. Durant la première phase, le processus d'élection des cluster-heads est d´eclenché pour choisir les futurs cluster-heads. Ainsi, une fraction prédéterminée de nœuds sont élus cluster-heads selon le schéma d'exécution suivant : durant une période T, un nœud n choisit un nombre aléatoire nb dont la valeur est comprise entre 0 et 1 (0 < nb < 1). Si nb est inférieure à un seuil T(i) (défini par la formule II.1) alors le nœud n devient cluster-head durant la période courante, sinon le nœud n devrait rejoindre le cluster-head le plus proche dans son voisinage [25].

$$T(i) = \begin{cases} \dfrac{P}{1 - P\, r \bmod \frac{1}{P}}, & \text{si } i \text{ n'a pas été cluster-head lors des } \frac{1}{P} \text{ dernières rounds} \\ 0, & \text{sinon} \end{cases} \qquad \text{(II.1)}$$

Ou, P définit le ratio de cluster-heads parmi tous les capteurs du réseau.

On note que le seuil augmente à chaque round : ainsi pour $r = 0$ (première round), $T(i) = P$ et pour le dernier round de la séquence ($r = \frac{1}{P} - 1$), $T(i) = 1$ si le capteur n'a pas été cluster-head auparavant : un capteur est donc cluster-head toutes les $\frac{1}{P}$ dernières rounds.

La particularité de LEACH réside donc dans la non-nécessité de communication pour l'élection des cluster-heads : le choix est réalisé indépendamment lors de chaque round par une méthode probabiliste. Il est cependant nécessaire de définir manuellement un ratio de cluster-heads P parmi les capteurs.

Cependant, bien que LEACH puisse augmenter la durée de vie du réseau, il présente certaines limitations. LEACH suppose que tous les nœuds puissent transmettre des données avec une grande puissance pour atteindre la station de base et que chaque nœud a une puissance de calcul lui permettant de supporter différentes couches MAC. Par conséquent, LEACH ne convient pas aux réseaux déployés dans de vastes régions. En outre, LEACH choisit aléatoirement la liste des cluster-heads et il ne pose aucune contrainte sur leur distribution ainsi que sur leur niveau d'énergie. Ainsi, les cluster-heads peuvent se concentrer dans un même endroit et par conséquent, il pourrait exister des nœuds isolés (sans cluster-head) pouvant se déclarer. D'autre part, dans LEACH, l'agrégation des données est centralisée et est exécutée périodiquement. Or, dans certains cas, la transmission périodique des données pourrait ne pas être nécessaire, ce qui épuise rapidement l'énergie limitée des capteurs.

Une variante de LEACH appelée LEACH-C a été conçue pour améliorer les performances de LEACH. Cette variante utilise une architecture centralisée pour choisir les cluster-heads tout en impliquant la station de base et l'information de localisation des capteurs. Cependant, elle augmente considérablement le surcoût du protocole puisque tous les capteurs devront envoyer leurs informations de localisation à la station de base en même temps pendant chaque phase d'élection de cluster-heads. Plusieurs travaux présentés dans la littérature ont prouvé qu'une telle architecture centralisée ne passe pas à l'échelle, étant plus particulièrement appropriée à des réseaux de petite taille.

Pour cela les auteurs ont proposé des protocoles hiérarchique basé sur LEACH où les cluster-heads formés dans LEACH sont groupés et organisés en une hiérarchie, et ils ont montré que la consommation énergétique diminue lorsque le nombre de niveaux de la hiérarchie augmente [12].

4. Avantages et inconvénients du protocole LEACH

Bien que LEACH économise la consommation d'énergie comparé à la transmission directe, grâce à l'agrégation de données, un nombre d'inconvénients restent plus ou moins apparents. Dans ce qui suit, nous citerons quelques avantages et inconvénients du protocole LEACH.

4.1 Avantages :

Parmi les avantages du protocole LEACH [28] :

- L'auto-configuration des clusters se fait indépendamment de la station de base (algorithme distribué).
- Les données sont fusionnées pour réduire la quantité d'informations transmise vers la station de base.
- La consommation d'énergie est partagée sur l'ensemble des nœuds prolongeant ainsi la durée de vie du réseau.
- L'utilisation des techniques TDMA/CDMA permet d'avoir une hiérarchie et de réaliser des clusterings sur plusieurs niveaux. Ces derniers permettent d'économiser d'avantage d'énergie.

4.2 Inconvénients :

Le protocole LEACH présente les inconvénients suivants [28] :

- Sans justifier leur choix, les auteurs fixent le pourcentage optimal de CHs pour le réseau à 5% du nombre total des nœuds. Néanmoins, la topologie, la densité et le nombre de nœuds peuvent être différents dans d'autres réseaux.
- Aucune suggestion n'est faite à propos du temps de réélection des CHs (temps des itérations).
- Les CHs les plus éloignés de la station de base meurent rapidement par rapport à ceux qui sont proches de la station.

5. Les descendants du protocole de routage LEACH:

5.1. LEACH-F (Fixed no.of clusters Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

Est comme le protocole LEACH-C, ce protocole emploie l'approche centralisée pour la formation de cluster. Une fois que le processus de formation de cluster est fait, puis il n'y a aucune phase de re-clustering dans le prochain Round. Les clusters sont fixes et seulement rotation des nœuds de cluster head dans ses clusters. L'équilibré correspond a LEACH classique.

Les frais généraux du re-clustering dans LEACH sont enlevés par protocole LEACH-F comme une fois que le nombre fixe de cluster est formé ; ils sont maintenus dans tout le réseau. Mais ce protocole ne fournit aucune flexibilité d'ajouter ou d'enlever les nœuds une fois que des clusters sont formés et les nœuds ne peuvent pas ajuster leur comportement sur la mort de nœud [27].

5.2. LEACH-B (Balanced Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

LEACH-B utilise l'approche décentralisée par de formation de cluster dans laquelle chaque nœud de capteur sait sa propre position et position de destination définitive indépendamment de la position du reste des nœuds dans le réseau. LEACH-B fonctionne dans trois étapes : le choix de Cluster head, la formation de cluster et la transmission de données principaux avec des accès multiples. Selon l'énergie absorbée dans le chemin entre un nœud et un récepteur final, chaque nœud choisit son cluster head [02].

5.3. LEACH -TL (Two Level Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

LEACH à deux niveaux de Hierarechy (TL-LEACH) est prolongation à l'algorithme de LEACH. Il à deux niveaux des clusters heads (primaires et secondaires) au lieu d'un seul. Ici, le primaire cluster head dans chaque cluster communique avec les secondaires, et les secondaires correspondants communiquent à leur tour avec les nœuds dans leur sub-cluster. La fusion de données peut également être exécutée ici comme dans LEACH. En plus d'elle, la communication dans un cluster est encore programmée utiliser des tranches de temps de TDMA. L'organisation d'un rond se composera choisir d'abord les primaires et secondaires de cluster heads utiliser le même mécanisme que LEACH, avec la probabilité a priori de l'élévation à un primaire cluster head moins que cela d'un nœud secondaire.

La communication des données du nœud de source à sink est réalisée dans deux étapes. Les nœuds secondaires rassemblent des données des nœuds dans leurs clusters respectifs.
La fusion de données peut être exécutée à ce niveau. Les noeuds primaires rassemblent la forme de données leurs clusters secondaires respectifs. La Donnée-fusion peut également être mise en application au niveau primaire cluster head. La structure à deux niveaux de TL-LEACH réduit la quantité de nœuds qui doivent transmettre à la station de base, réduisant effectivement l'utilisation d'énergie totale (Loscri et autres) [16].

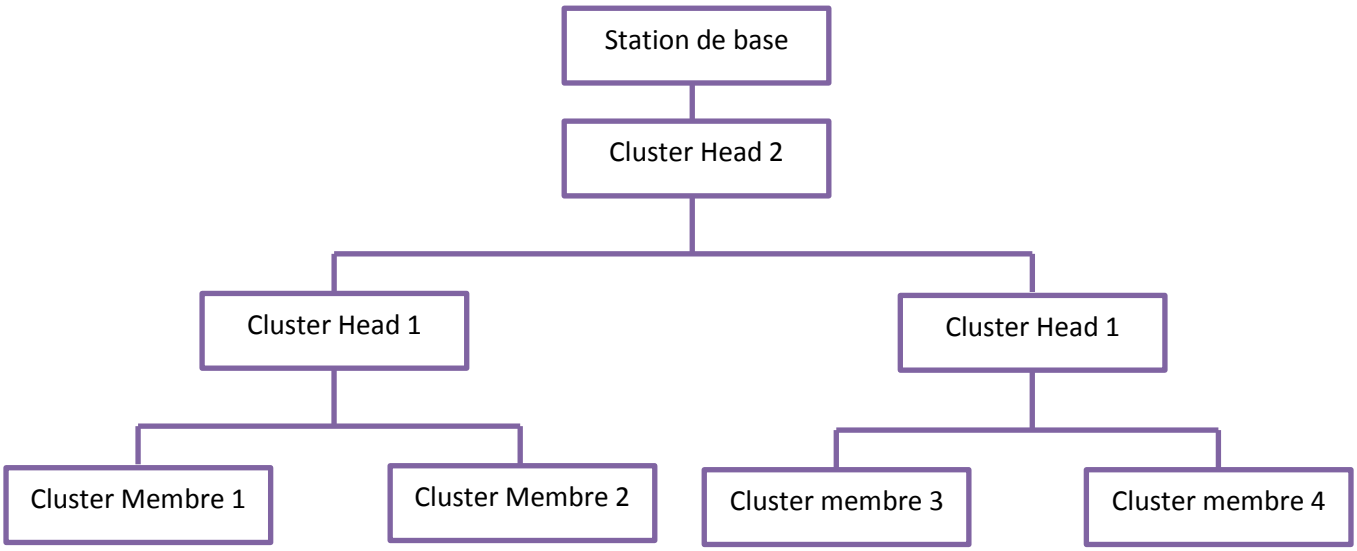


Figure II.3 : *Le protocole TL-LEACH*

5.4. LEACH-E (Energy Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

Dans le protocole LEACH-E, initialement tous les nœuds ont la même énergie et la même probabilité de devenir cluster head. Après le premier rond, la force de chaque nœud change. Alors la quantité d'énergie résiduelle de chaque nœud est employée pour choisir les nœuds principaux de cluster head. Les nœuds avec de l'énergie résiduelle la plus élevée sont préféré sur le reste des nœuds. LEACH-E augmentent la vie du réseau en équilibrant la charge d'énergie parmi tous les nœuds dans le réseau [17].

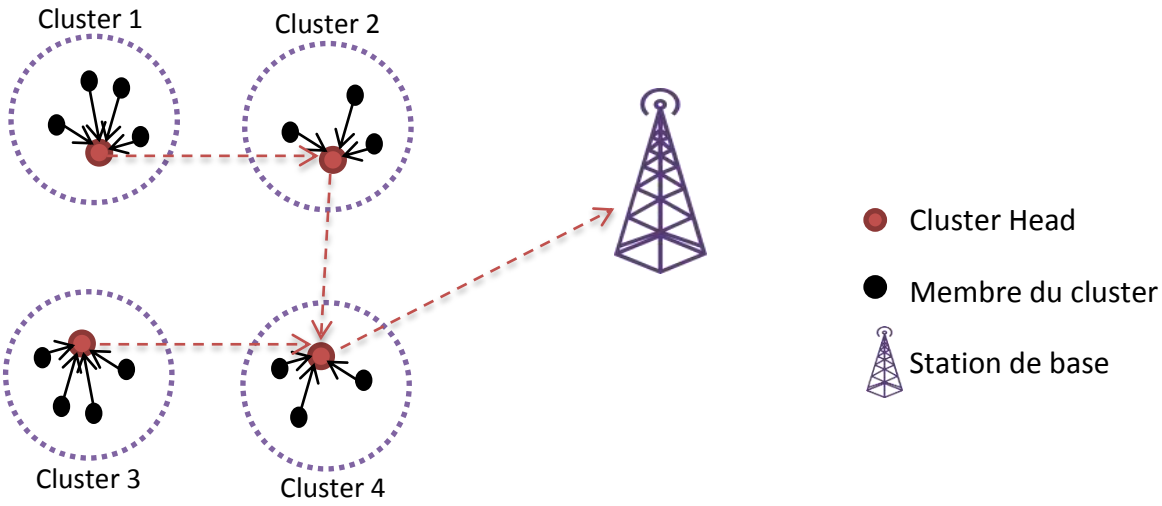


Figure II.4 : *Le protocole LEACH-E*

5.5. LEACH-MH (Multi-Hop Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

Dans le protocole LEACH, les nœuds de cluster head envoient des données à la station de base directement indépendamment de la distance entre eux. Ceci causera la dissipation de haute énergie du nœud de cluster head si la station de base est lointaine localisé de-elle. À mesure que le diamètre de réseau augmente, la distance entre la station de base et les augmentations principales de nœuds de cluster head. Pour augmenter l'efficacité énergétique du protocole, multi-espérant la communication est présentée. Premièrement les nœuds de membre de cluster envoient des données à leurs nœuds respectifs de cluster head qui d'autres données de transfert à cluster head plutôt que la station de base directement. Ce protocole adopte un chemin optimal entre cluster head et la station de base [22].

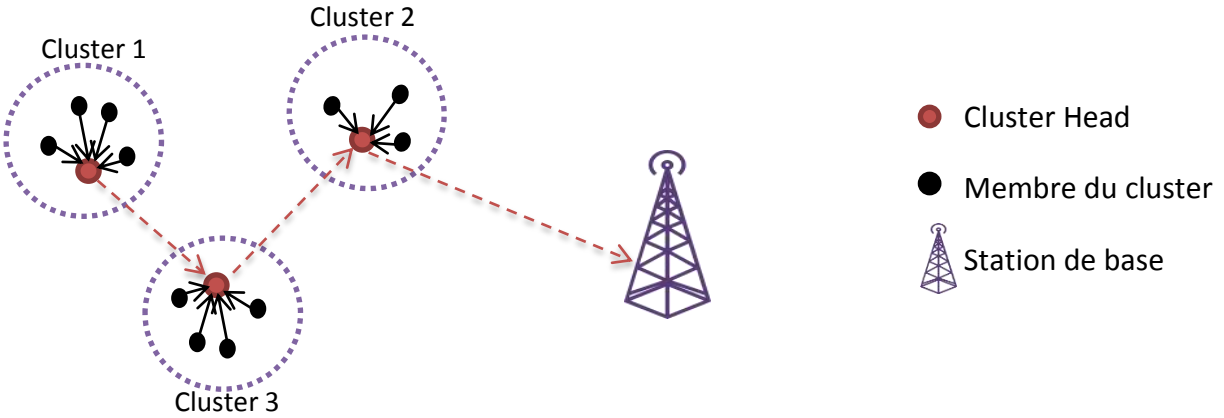


Figure II.5 : *Le protocole LEACH-MH*

5.6. LEACH-M (Mobile Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

Dans le protocole de routage LEACH-Mobile (LEACH-M) la formation de cluster et le mécanisme du choix de CH correspond LEACH. Il fait face clairement aux inconvénients d'un soutien plus tôt de protocole c.-à-d. des nœuds mobiles de capteur plus loin qu'il traite des données en tant qu'information essentielle. Ainsi il assigne deux timeslots (TS) pour tous les nœuds non-CH et le service du message de JOIN-ACK quand ils sont à proximité de l'autre cluster. Si non-CH un nœud A, ne reçoit aucune demande de données du CH à ses TS assignés puis A va au mode de sommeil (durée de vie de la pile d'économie) et aux attentes la prochaine armature. Encore si A ne fait pas obtient la demande de données alors qu'elle envoie le message de JOIN-ACK au nouveau cluster. Cependant, LEACH-M manipule la mobilité de nœud en supposant que les CHs sont stationnaire. Par conséquent, LEACH-M n'est pas considéré efficace en termes de taux de la livraison de consommations et de données d'énergie parce qu'un grand nombre de paquets au sujet de perdu si le CH continue à se déplacer avant de choisir un nouveau CH pour le prochain rond (Deng et autres) [24].

5.7. LEACH-I (Improved Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

La détection des nœuds jumeaux et l'attribution des nœuds de sub-cluster head (SCH) sont les deux fonctions remplies par Improved -LEACH. Aléatoirement le déploiement des résultats de nœuds dans la probabilité élevée de deux nœuds localisés très étroitement a entre eux appelé des « Twin nodes ». Il est nécessaire de garder un sommeil de nœud jusqu'à ce que l'énergie d'un autre nœud épuise. Par conséquent I-LEACH a la distribution uniforme du cluster head de sorte qu'il ne manque pas d'énergie quand une plus longue transmission de distance a lieu. Ce protocole emploie l'approche de seuil pour le nombre de gestion de membres de cluster pour chaque cluster head dans le réseau à la fois [01].

5.8. LEACH-A (Advanced Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

Le protocole LEACH a un problème que le nœud cluster head consomme plus d'énergie que des nœuds normaux. Le protocole Advanced -LEACH, un protocole hétérogène employé pour diminuer la probabilité des nœuds d'échec et pour prolonger l'intervalle de temps avant la mort du premier nœud (appelé période de stabilité). Chaque capteur sait démarrer de chacun rond utilise l'horloge synchronisée. Laisser n être tout le nombre de nœuds et m soit la

fraction de n qui ont l'énergie davantage que d'autres nœuds appelés les nœuds de CAG (nœuds choisis comme passages ou cluster head). Le reste de nœuds de (m-1) *n agissent en tant que nœuds normaux [10].

Les avantages d'employer le protocole de LEACH-A sont :

- Distribué l'algorithme où la configuration de cluster est indépendant de la station de base.
- Les techniques du TDMA/CDMA économisent l'énergie maximum par permettant cluster hiérarchie à différents niveaux.
- Les nœuds de CAG continueront à envoyer des données même après l'échec de tous les nœuds normaux.

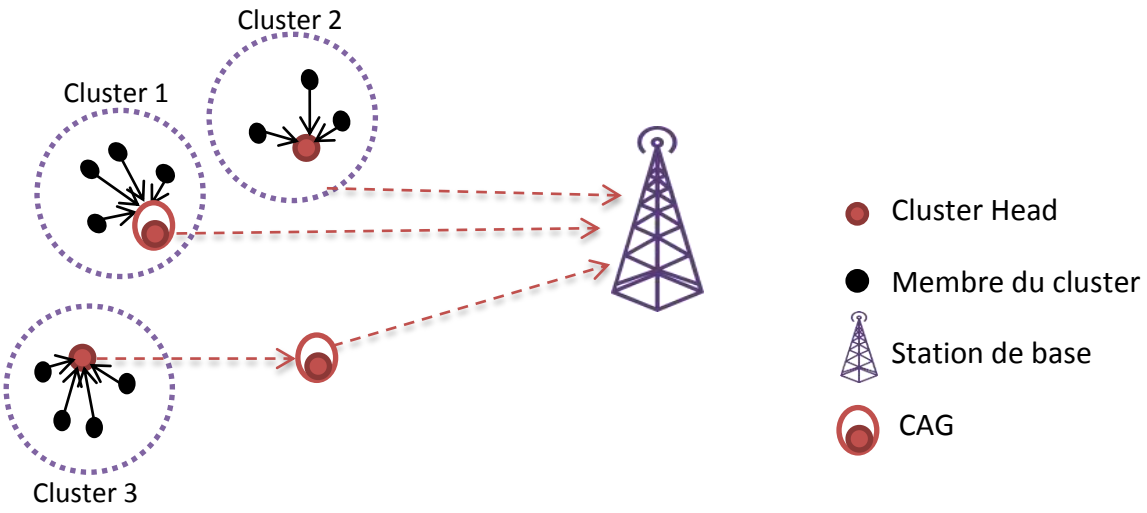


Figure II.6 : *Le protocole LEACH-A*

5.9. Cell-LEACH (Cell Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

Dans Cell-LEACH, RCSF est divisé en nombre de clusters où chaque cluster est encore divisé en 7 sections appelées les cellules. Plusieurs capteurs sont inclus dans chaque cellule de lesquels le nœud de capteur est choisi comme cell-head. Aucun re-clustering et re-celling n'est fait ont par le passé formé. Chaque nœud de cellules envoie des données à la cell head à son temps indiqué donné par TDM. La fonction d'agrégation de données est remplie par des cells head et des données traitées sont envoyées aux clusters head. Les clusters head remplissent la même fonction que des cells head et des données de transfert à la station de base [04].

Après le premier rond, la cell head et le cluster head seront déterminées aléatoirement.

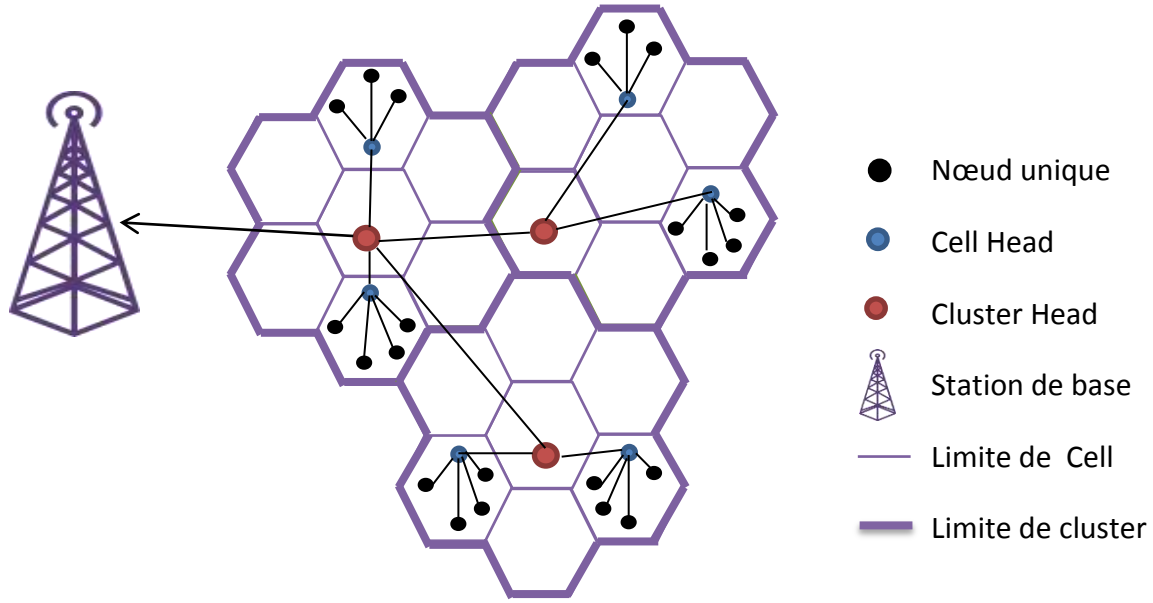


Figure II.7 : *Le protocole Cell-LEACH*

5.10. LEACH-V (Vice Cluster Head Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy):

Dans le protocole LEACH classique, le nœud de cluster head a consommé plus d'énergie par rapport aux nœuds normaux en envoyant des données agrégées à la station de base (lointain localisé). Par conséquent les matrices de nœud de cluster head décède tôt et le cluster entier deviendront inutiles, résulte la perte de données [20].

V-LEACH améliore cet inconvénient ayant le vice-cluster head dans chaque cluster qui joue le rôle du cluster head quand le cluster head meurt. De cette façon, ce protocole réduit des frais généraux de choisir le nouveau cluster head chaque fois qu'un cluster head meurt et les données atteindront toujours à la station de base. Par conséquent augmentations de vie de réseau.

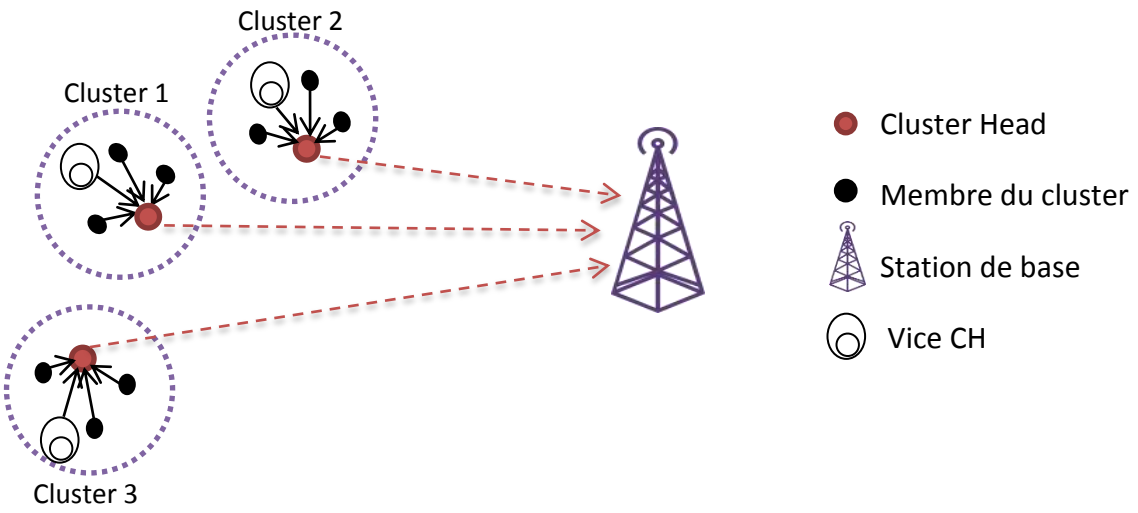


Figure II.8: *Le protocole LEACH-V*

5.11. LEACH-C (LEACH- Centralized):

LEACH-C, Est une version centralisée du LEACH, Elle divise également chaque rond en deux phases, phases d'installation et phases de transmission. Pendant la phase d'installation de LEACH-C, chaque nœud de WSN envoie leur information, y compris l'endroit et la force, aux SB. Alors les SB calculent la valeur d'énergie moyenne de tous les nœuds. Seulement les nœuds avec plus d'énergie que la valeur moyenne ont la chance d'être cluster heads. Mais il n'offre aucune garantie au sujet du placement et/ou du nombre de nœuds de cluster heads Cependant avoir une commande centralisée fournit peut produire un meilleur cluster avec le déploiement approprié des nœuds de capteur. Dans LEACH-C la phase d'installation chaque nœud envoie son endroit et la force à la SB. Cependant les SB emploient l'algorithme de recuit pour établir des clusters. Les groupements de cluster sont choisis pour réduire au minimum la consommation d'énergie requise pour que des nœuds ordinaires transmettent des données à leurs respectives de cluster heads. LEACH-C livre 40% données supplémentaires par énergie d'unité que LEACH parce que les SB ont la connaissance globale de l'endroit et de l'énergie de tous les nœuds dans le réseau. Les autres opérations de LEACH-C sont mêmes à ceux de LEACH [10].

Dans LEACH-C, les SB ont une station globale du réseau pour former de meilleurs clusters qui ont besoin de moins d'énergie pour la transmission de données.

- Il n'y a aucune communication entre les nœuds en construisant des clusters. Par conséquent plus d'énergie peut être employée pour la transmission de données.
- Le nombre optimal de cluster heads a été déterminé à l'avance. Le réseau peut employer l'énergie plus effectivement [09].

5.12. LEACH-H (LEACH hybrid):

LEACH-H combine les avantages de LEACH et du LEACH-C. Il résout l'inconvénient de LEACH (incertitude en nombre de CHs) en choisissant CH au premier rond par les SB lui-même d'ailleurs dans d'avantage de rond qu'il le choix d'un cluster head pour le cluster est fait par le CH courant qui supprime la question de la dépendance à l'égard les SB dans LEACH-C. LEACH-H augmente la période de survie du réseau et l'ampleur du charge-équilibrage. LEACH-H composé de « initialisation de cluster » et de « reconstruction de cluster », simulée l'algorithme de recuit est employé pour choisir le CH optimisé dans la première phase d'initialisation de cluster de rond c.-à-d. le cluster initialise la phase dans la reconstruction de la phase, les clusters head est choisie par CH courant. Cependant LEACH-H n'indique rien au sujet de s'il y aura les TS (time slots) séparés pour cluster head dans l'établissement du programme de TDMA [05].

Tableau II.1 : *Comparaison d'exécution entre les variantes de protocole LEACH* [20]

Protocoles	Année	mobilité	Évolutivité	Organisat-ion d'individu	Distribué	Compte Hop	Homogène	Utilisation d'informati on d'endroit
LEACH	2002	SB Fixe	Limité	Oui	Oui	Simple Hop	Oui	Non
LEACH-F	2002	SB Fixe	Limité	Non	Non	Simple Hop	Oui	Oui
LEACH-B	2003	SB fixe	Bon	Oui	Oui	Simple Hop	Oui	Oui
LEACH-TL	2005	SB Fixe	Très bon	Oui	Oui	Simple Hop	Oui	Oui
LEACH-E	2007	SB Fixe	Très bon	Oui	Oui	Simple Hop		Oui
LEACH-MH	2007	SB Fixe	Bon	Oui	Oui	Muli Hop	Oui	Oui
LEACH-M	2008	SB Mobile et nœud	Très bon	Oui	Oui	Simple Hop	Oui	Oui
LEACH-I	2009	SB Fixe	Très bon	Oui	Oui	Simple HOP	Oui	Oui
LEACH-A	2010	SB Fixe	Bon	Oui	Oui	Simple Hop	Non	Non
Cell-LEACH	2012	SB Fixe	Très bon	Oui	Oui	Multi Hop	Oui	Oui
LEACH-V	2013	SB Fixe	Très bon	Oui	Oui	Simple Hop	Oui	Oui
LEACH-C	2002	SB Fixe	Bon	Oui	Non	Simple Hop	Oui	Oui
LEACH-H	2009	SB Fixe	Très bon	Oui	Oui	Simple Hop	Oui	Oui

6. Conclusion :

Dans ce chapitre on a conclus l'efficacité de l'utilisation d'énergie dans le réseau a été le thème principal dans RCSFs pour prolonger la vie du réseau. LEACH a trouvé un des protocoles les plus de rendement optimum utilisés dans RCSF. Dans ce chapitre, le protocole LEACH a été discuté avec ses inconvénients et comment ces inconvénients sont surmontés par ses descendants. Une brève étude de diverses versions améliorées de protocole LEACH a été faite afin de comparer ces descendants à LEACH classique. On le conclut de chapitre donné que de prolonger la vie de réseau de RCSF, il y a besoin d'explorer des protocoles plus robustes, plus fiables et efficaces à l'avenir, et on a choisi le protocole LEACH-H pour l'étudier et le comparé avec le protocole basique LEACH classique.



CHAPITRE 3

Sélection le meilleur protocole entre LEACH, LEACH-C et LEACH-H

1. Introduction

Le routage est une méthode d'acheminement des informations vers une destination donnée dans un réseau de connexion. L'objectif principal de routage hiérarchique est de maintenir efficacement la consommation d'énergie des nœuds des capteurs. Concernant ce dernier, le passage à l'échelle est l'un des principaux attributs de conception de réseaux de capteurs ainsi que l'augmentation de la durée de vie.

Plusieurs travaux de recherche dans ce domaine ont été effectués, Chacune d'elle présente un technique différent tout don le même but, c'est la minimisation de la consommation de l'énergie sur l'ensemble du réseau.

Dans ce cas on est nécessite une phase de test avant la mise en place. Pour cela, la solution la plus fiable et la moins coûteuse consiste en " La Simulation ".

Les simulations effectuées permettent une évaluation des performances de la solution proposé et de consolider nos affirmations. Dans ce chapitre, nous décrivons de divers algorithmes de groupement et une analyse comparative de protocole LEACH avec sa version améliorée LEACH-H on utilise le simulateur MATLAB.

2. Généralités sur la simulation

Dans nos jours, la simulation connaît un essor considérable, et ce grâce à l'intérêt que présente les modèles informatiques des systèmes simulés [23]:

2.1 Définition :

La simulation consiste à la modélisation informatique d'un système quelconque, en offrant une représentation de toutes les entités de ce système, leurs comportements propres, ainsi que leurs interactions. Elle met à la disposition de l'utilisateur un environnement d'expérimentation dont on peut faire varier les paramètres.

Grâce aux progrès réalisés dans le domaine du développement et des techniques de programmation, nous disposons aujourd'hui de langages de programmation très puissants. Ainsi, il devient possible de réaliser un simulateur dans un environnement de programmation existant.

2.2 Types de simulation :

En fonction du type d'évènements dans la simulation, nous distinguons deux types de systèmes de simulation : les systèmes discrets et les systèmes continus.

2.2.1 Systèmes de simulation discrète :

Sont des systèmes pour lesquels les variables concernées par la simulation ne changent d'état qu'en un nombre fini de points sur l'axe du temps. On appelle également ces systèmes : systèmes de simulation à évènements discrets.

2.2.2 Systèmes de simulation continue :

Ce sont des systèmes pour lesquels les variables peuvent changer d'état à n'importe quel instant pendant la simulation.

3. Le langage MATLAB :

MATLAB (« matrix laboratory ») est un langage de programmation émulé par un environnement de développement du même nom, il est utilisé à des fins de calcul numérique, Développé par la société The Math Works, MATLAB permet de manipuler des matrices, d'afficher des courbes et des données, de mettre en œuvre des algorithmes, de créer des interfaces utilisateurs, et peut s'interfacer avec d'autres langages comme le C. est un langage très puissant en calcul. Le logiciel MATLAB est construit autour du langage MATLAB. Une interface en ligne de commande, qui est un des éléments du bureau MATLAB, permet d'exécuter des commandes simples. Des séquences de commandes peuvent être sauvegardés dans un fichier texte, typiquement avec l'éditeur MATLAB, sous la forme d'un « script » ou encapsulé dans une fonction.

4. Les cas de la simulation :

Les simulations ont été réalisées avec une station de base mobile, sa mobilité est assuré par le suivi des barycentres des clusters Head, après initialisation du réseau et la formation des groupes et des chefs de groupe, la station de base localise les cluster Head ,calcul le barycentre de ces derniers à chaque rond et se déplace finalement au point considérer comme le centre de gravité des CHs , pourquoi le barycentre des CHs ? C'est juste parce que les capteurs CHs ont une relation directe avec la station de base et par cette technique on assure la proximité de la station de base avec les CHs. Cette technique a été appliquée en adoptant les protocoles de routages hiérarchiques de données afin de voir l'impact de la mobilité sur la stabilité et la consommation d'énergie du réseau complet. Cette mobilité peut être imposée

par la nature de l'application déployée, ou pour améliorer les performances du réseau en termes de connectivité, densité, durée de vie du réseau, etc.

Les résultats de simulation de cette technique seront comparés avec celles trouvés antérieurement qui considèrent une station de base statique et mobile aléatoire.

On remarque que cette technique aura une grande importance avec le protocole SEP qui donne une probabilité importante aux nœuds avancés d'êtres des CHS, et par la suite ces

CHs envoient à chaque rond les données récoltées du réseau vers la station de base qui sera à proximité de ces derniers, donc moins d'énergie de transmission et en plus ont une énergie initiale double ou triple par rapport aux nœuds normaux, ce qui augmentent plus la stabilité et la durée de vie du réseau et diminuent la consommation d'énergie totale de ce dernier.

Suite à ces constations on a décidé de faire une simulation de cette technique avec le protocole SEP et voir qu'est-ce qu'elle apporte à ce dernier comme performances [23].

5. Les Paramètres de simulation :

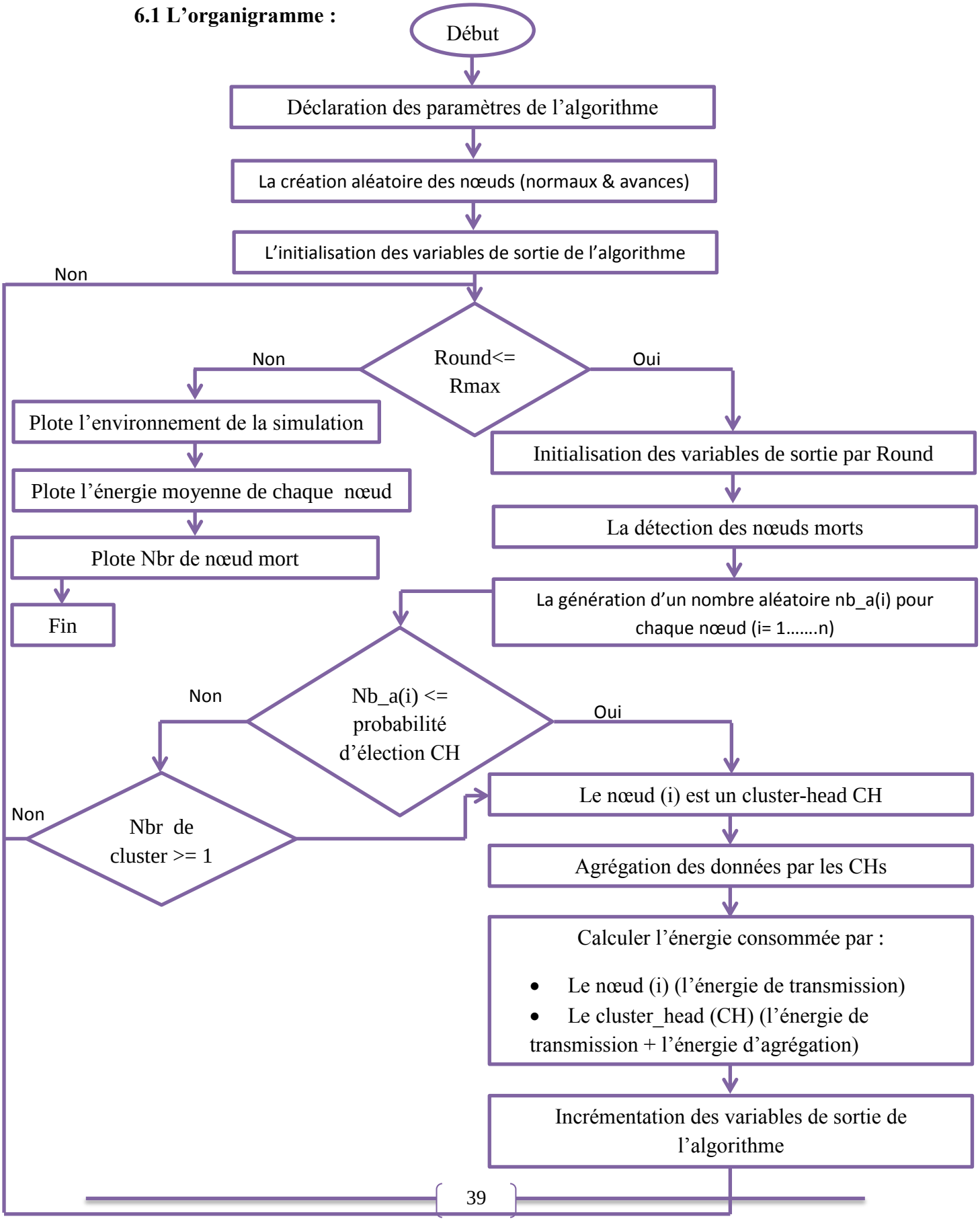
Nous avons adopté les Paramètres utilisé pour le protocole LEACH. Le tableau suivant résume l'ensemble des paramètres utilisés pour les simulations:

Tableau III.1: *Les paramètres des simulations.* [05]

Les paramètres	**Les valeurs**
Le nombre des nœuds Total (N)	n=200
Surface (L*L, L= longueur du réseau)	100 X 100 m^2
L'énergie initiale pour un nœud	0,1 J
La taille des messages de données	4000 bit
L'énergie consommée pour la transmission «ETX »	50 nJ / bit
L'énergie consommée pour la réception « ERX »	50 nJ / bit
le facteur d'amplification du signal (Efs) pour « d<=d0 »	10 pJ / bit
le facteur d'amplification du signal(Emp) pour « d>d0 »	0.0013 pJ / bit
L'énergie d'agréation (EDA)	5 nJ
Seuil pour transmettre des données au cluster head	H(t)=100, S(t)= 2
Le nombre des rounds 'tours' (r max)	R max=200
Valeur pour Les nœuds avancés (dans le SEP) (m,a)	m=30%, a=1
La probabilité d'être CH (P)	20%

6. Le protocole LEACH :

6.1 L'organigramme :



6.2. Résulta et discutions :

Après l'adaptation du protocole LEACH et la simulation on obtenue après 200 rounds la figure ci-dessous.

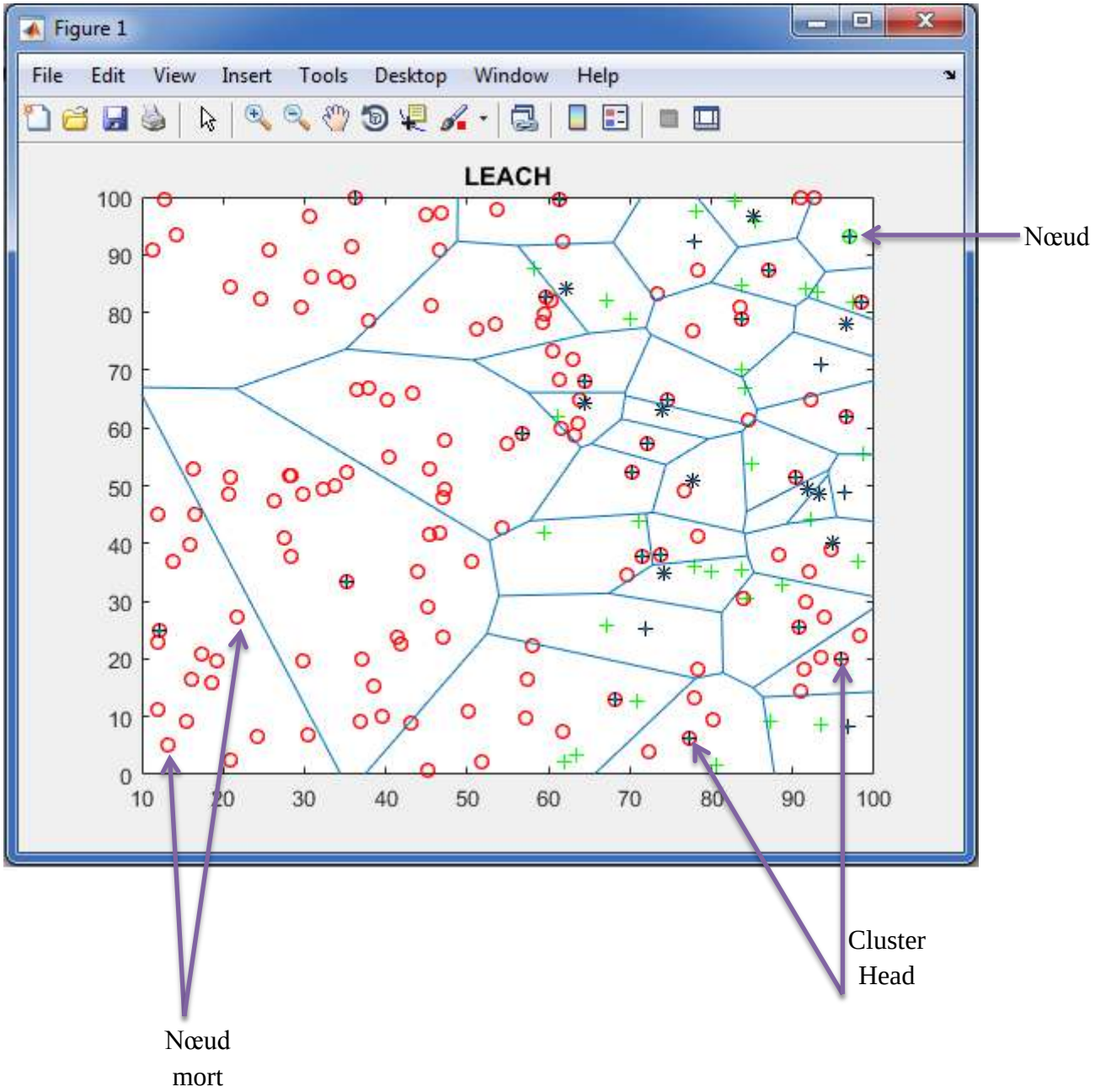


Figure III.1 : *L'environnement de la simulation*

La figure III.2 représente la consommation de l'énergie moyenne de chaque nœud par rapport le nombre de rounds après 200 rounds. Alors l'énergie diminué à chaque round.

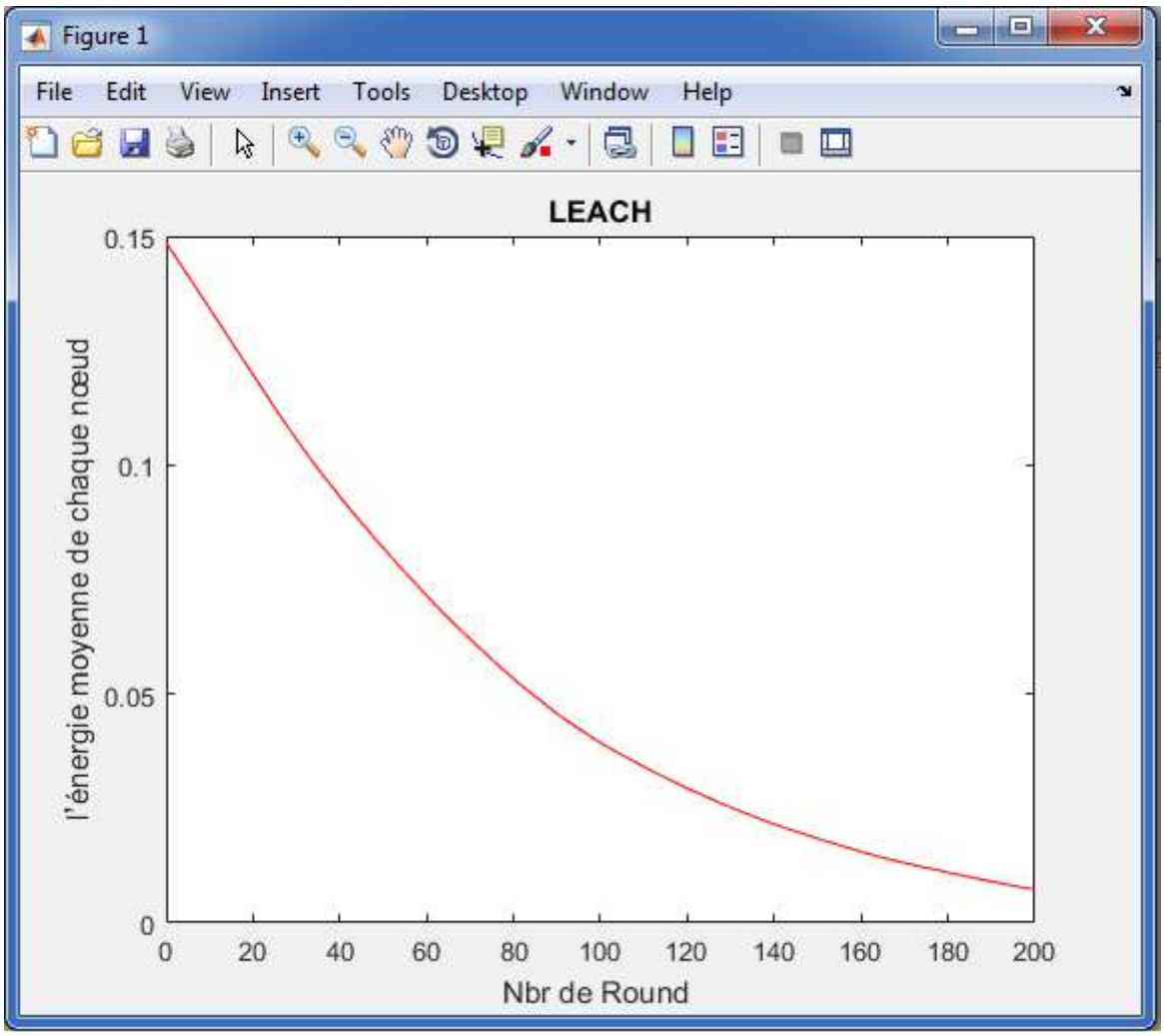


Figure III.2 : *l'énergie moyenne de chaque nœud*

La figure III.3 représente le nombre de nœuds mort par rapport du round après 200 rounds. Le nombre nœuds mort reste stable pendant les 22 rounds premier après il augmenté.

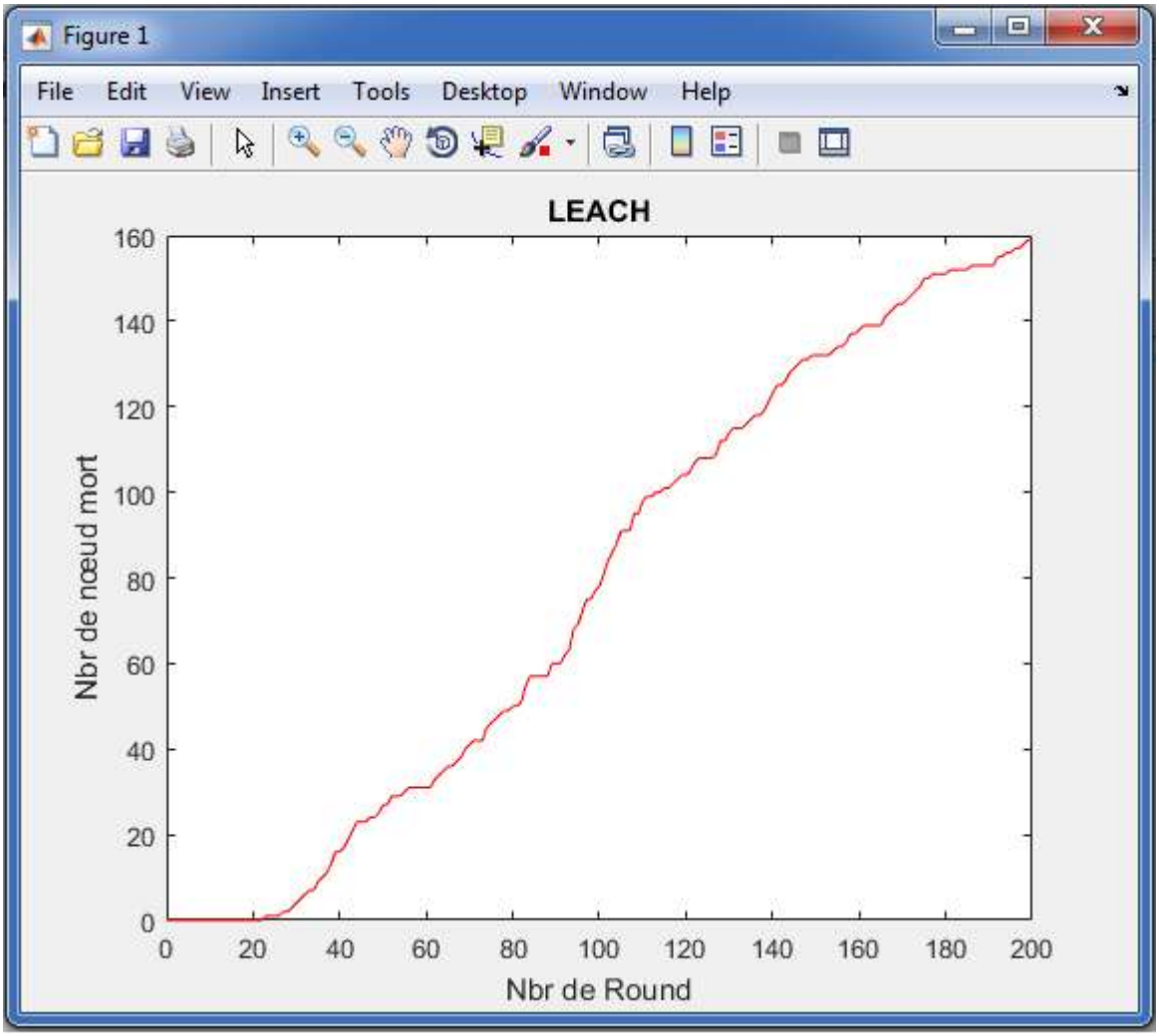
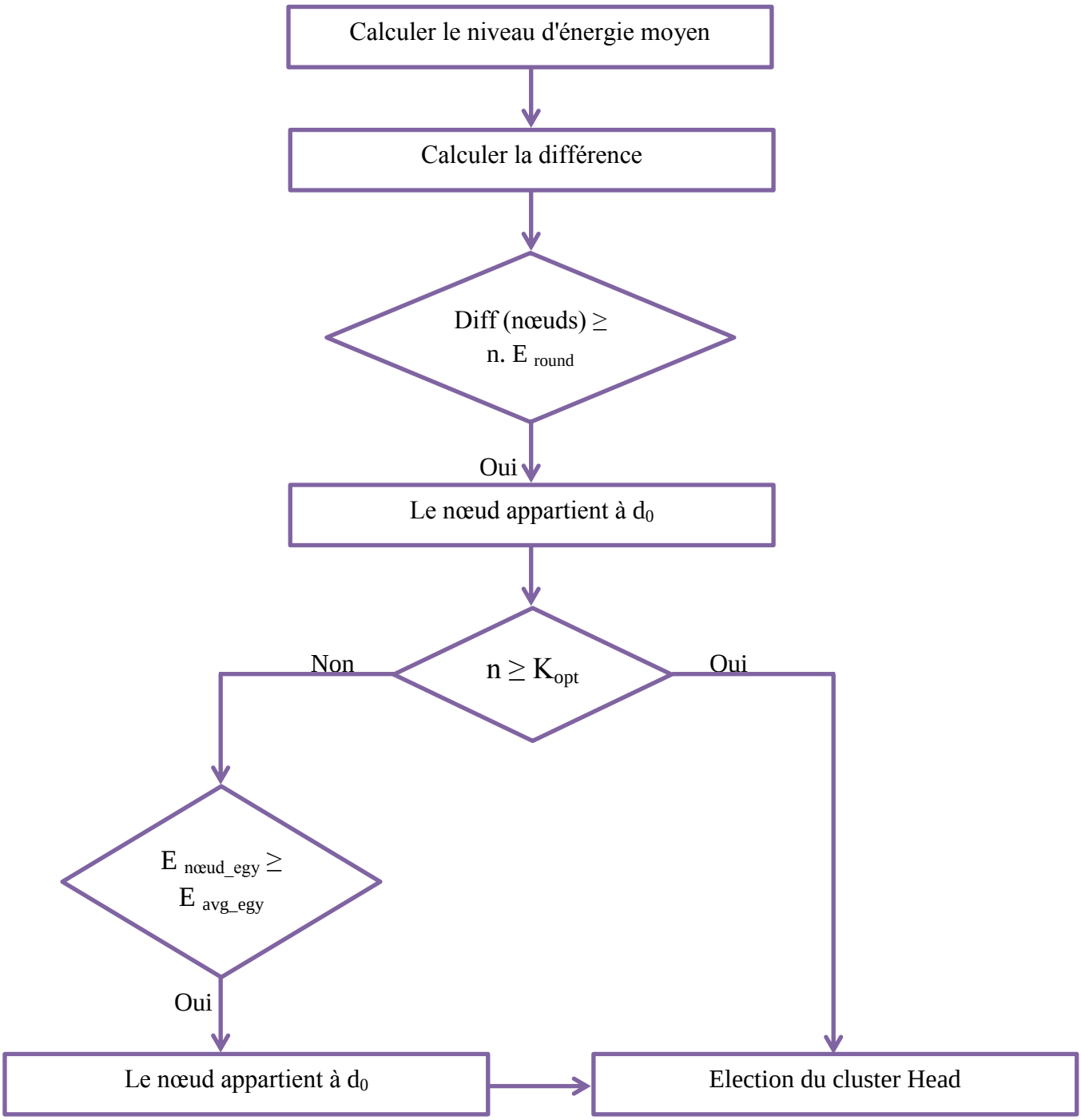


Figure III.3 : *le nombre de nœud mort*

7. Le protocole LEACH-C :

7.1 L'organigramme (Election du cluster Head):



7.2. Résulta et discutions :

Après l'adaptation du protocole LEACH-C et la simulation on obtenue après 200 rounds la figure ci-dessous.

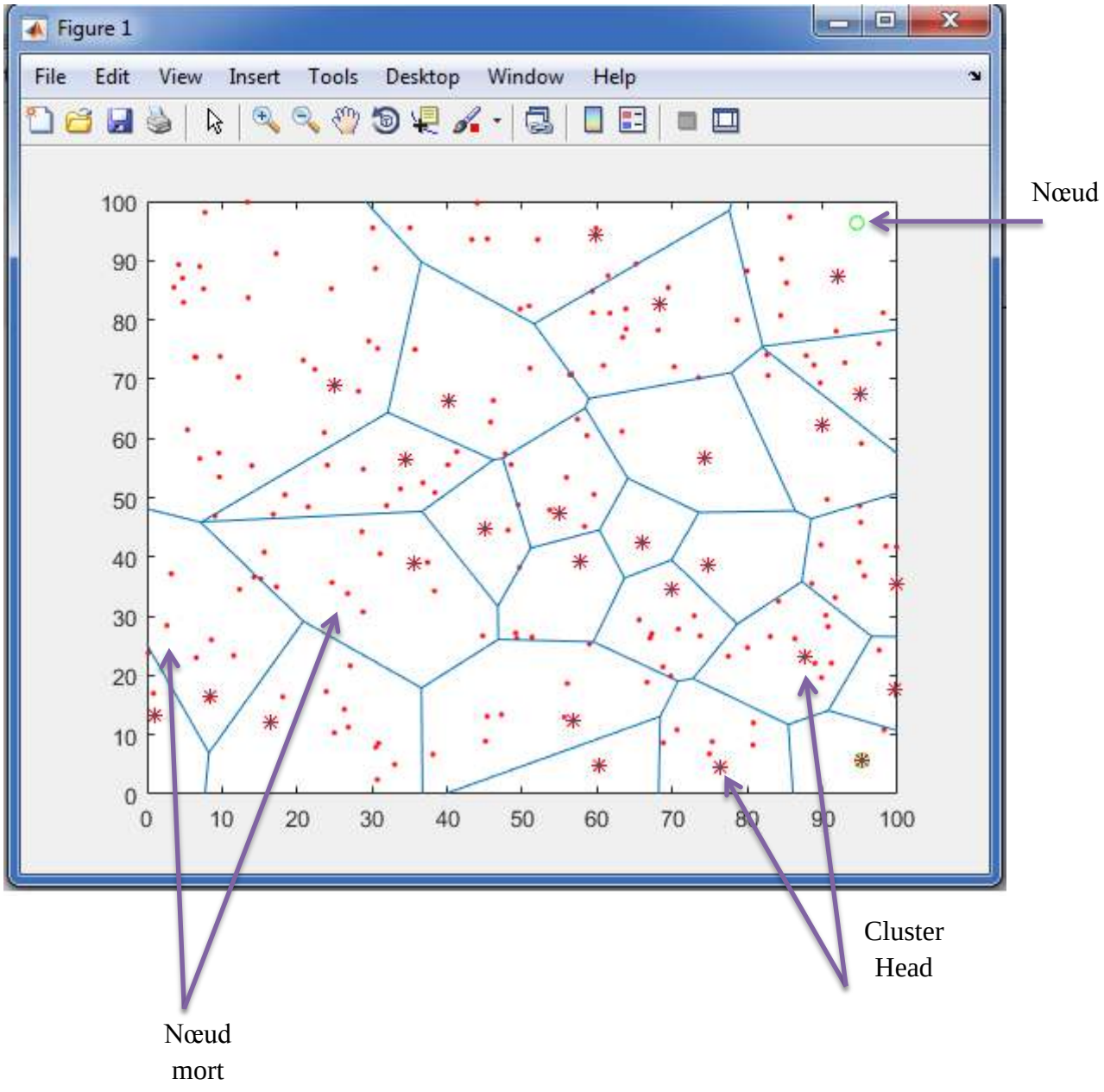


Figure III.4 : *L'environnement de la simulation*

La figure III.5 représente la consommation de l'énergie moyenne de chaque nœud par rapport le nombre de rounds après 200 rounds. Alors l'énergie diminué à chaque round.

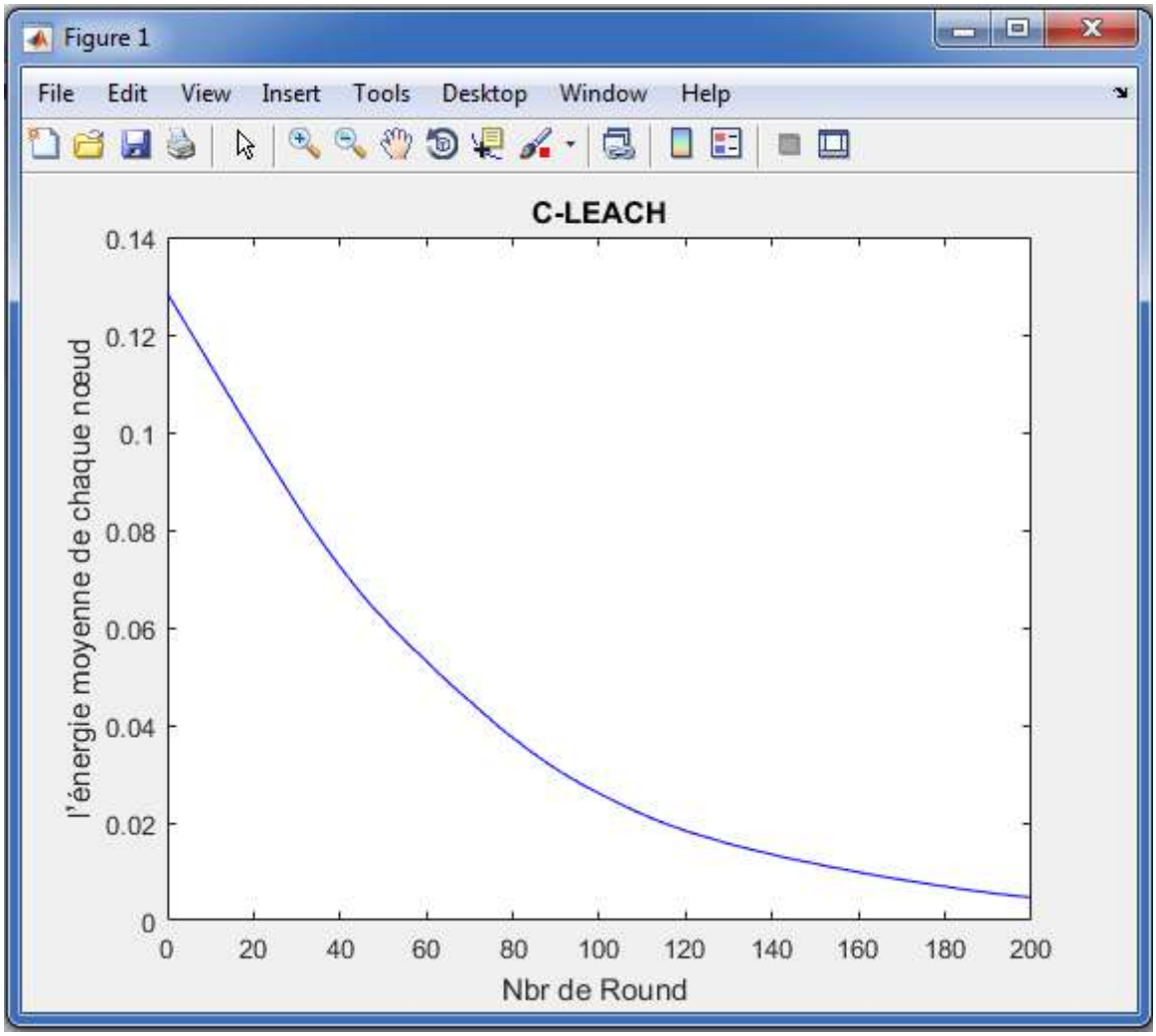


Figure III.5 : *l'énergie moyenne de chaque nœud*

La figure III.6 représente le nombre de nœuds mort par rapport du round après 200 rounds. Le nombre nœuds mort reste stable pendant les 22 rounds premier après il augmenté.

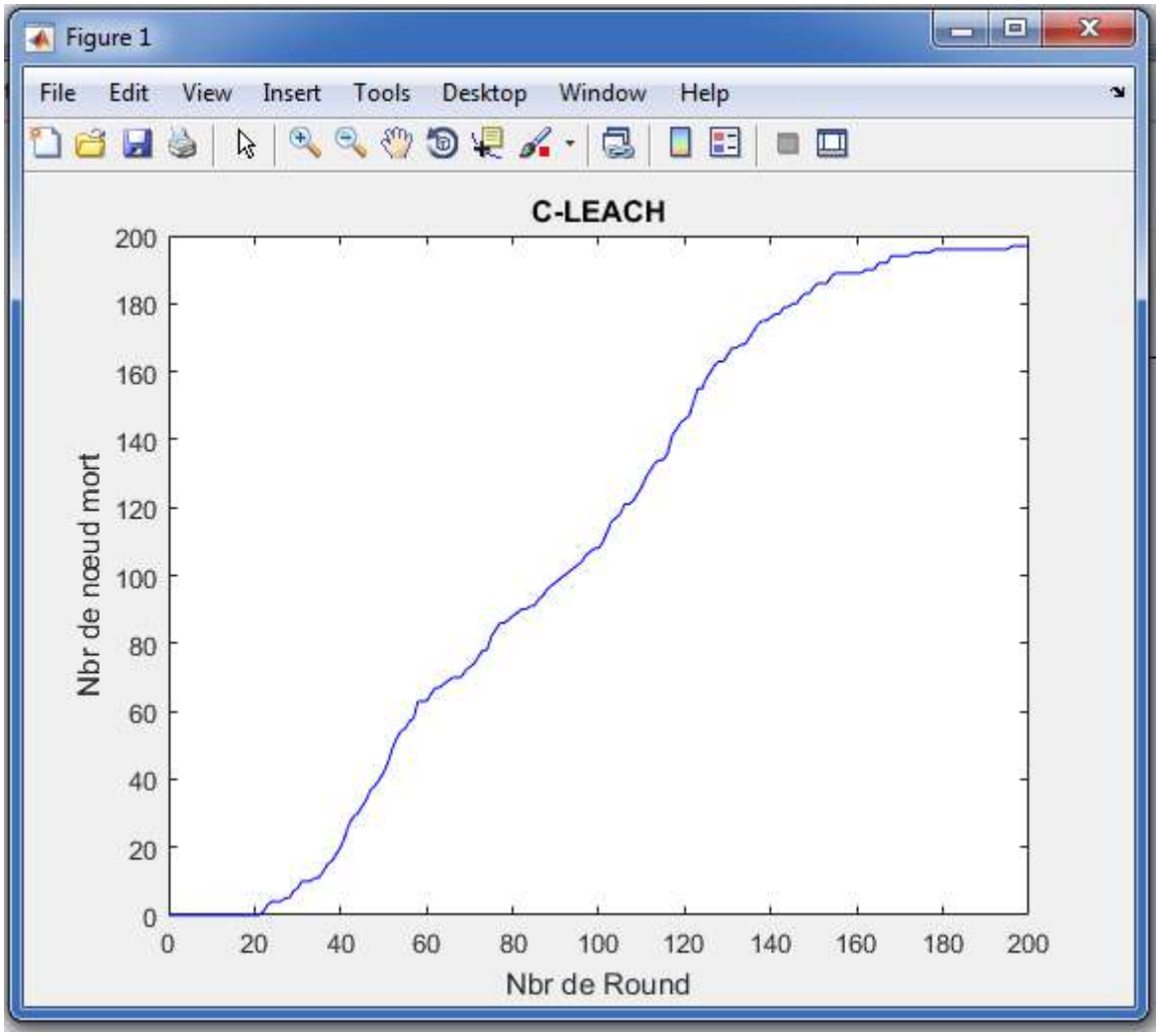
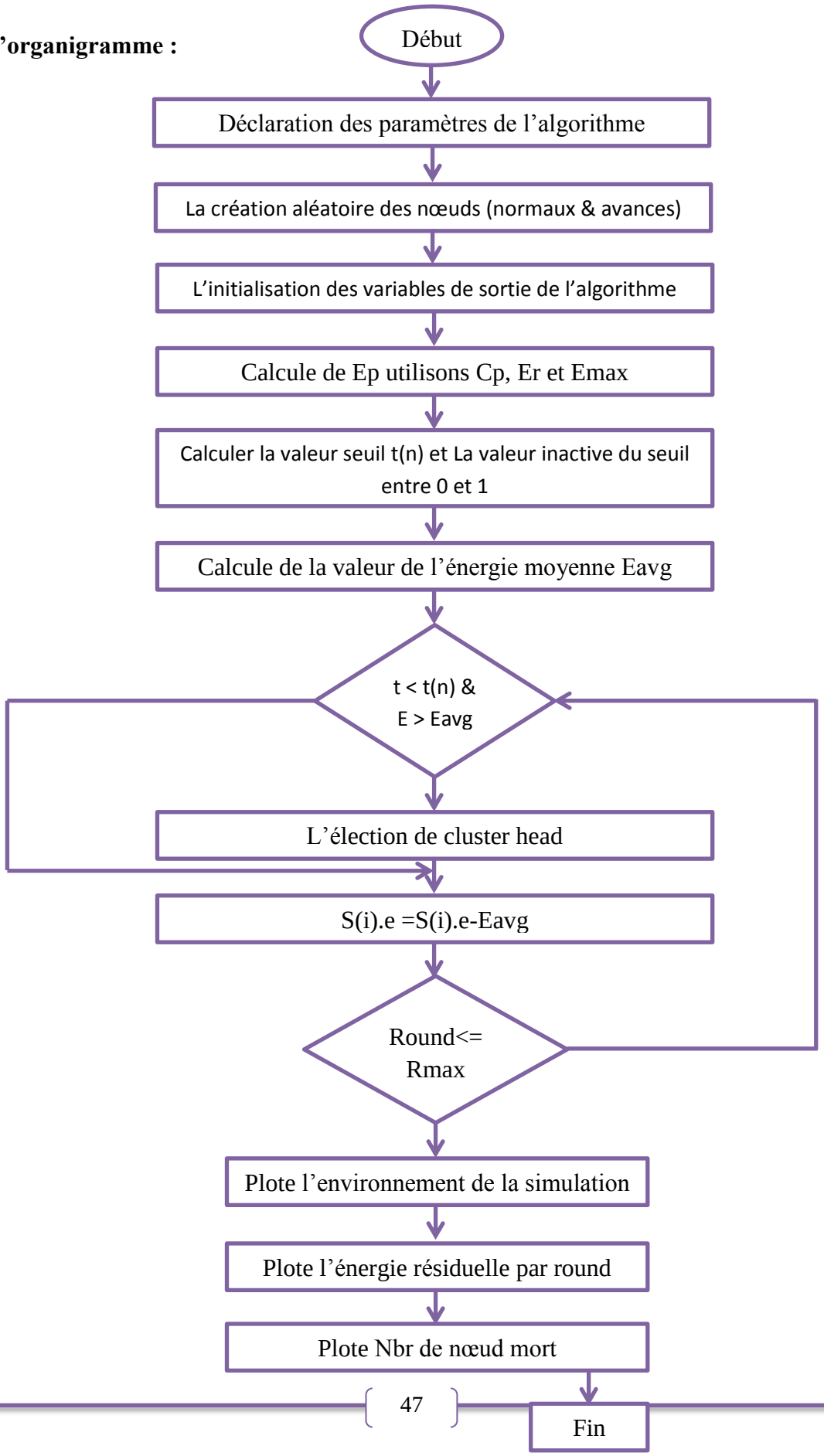


Figure III.6 : *le nombre de nœud mort*

8. Le protocole LEACH -H:

8.1 L'organigramme :



8.2. Résulta et discutions :

Après l'adaptation du protocole LEACH et la simulation on obtenue après 200 rounds la figure ci-dessous.

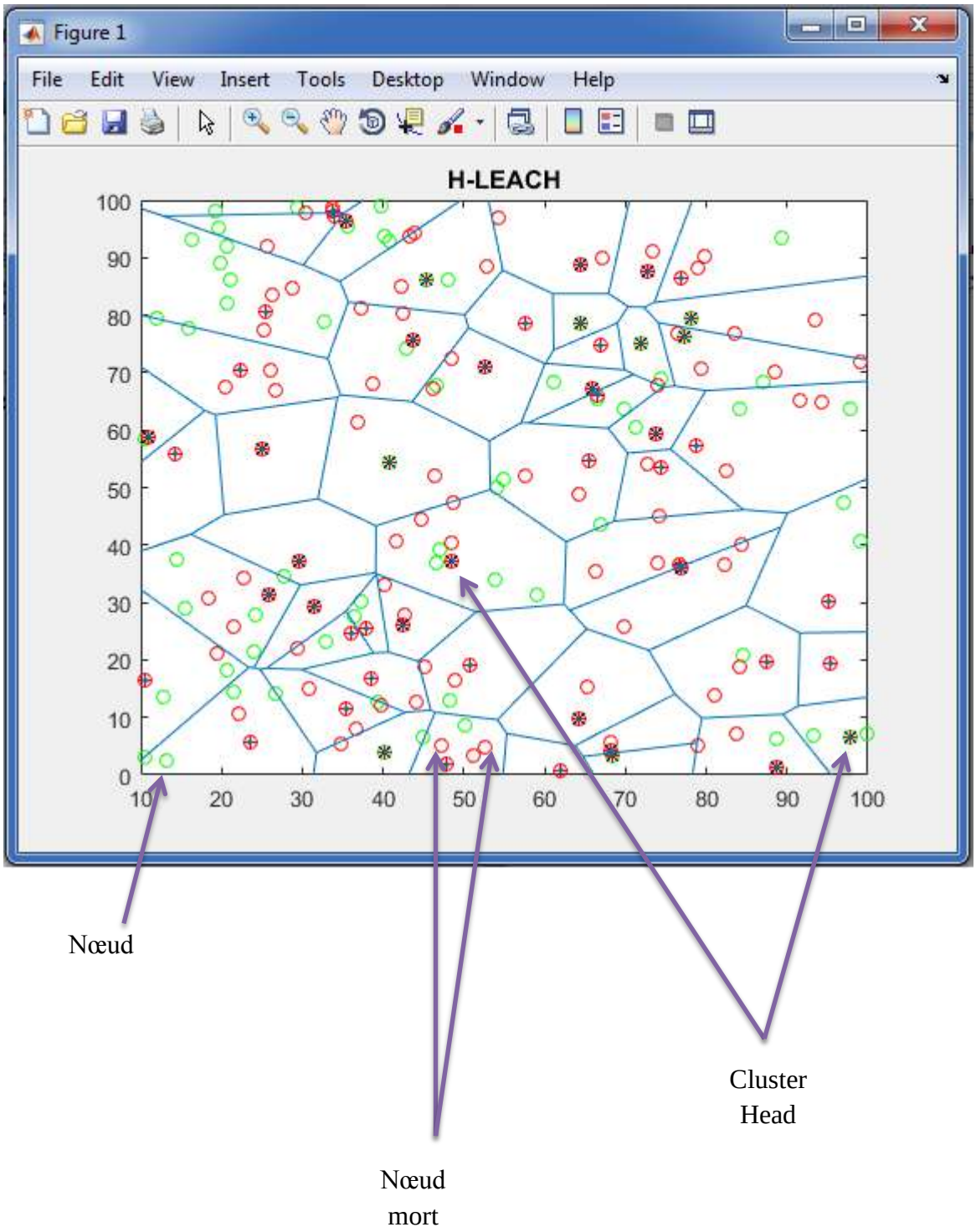


Figure III.7 : *L'environnement de la simulation*

La figure III.8 représente la consommation de l'énergie moyenne de chaque nœud par rapport le nombre de rounds après 200 rounds. Alors l'énergie diminué à chaque round.

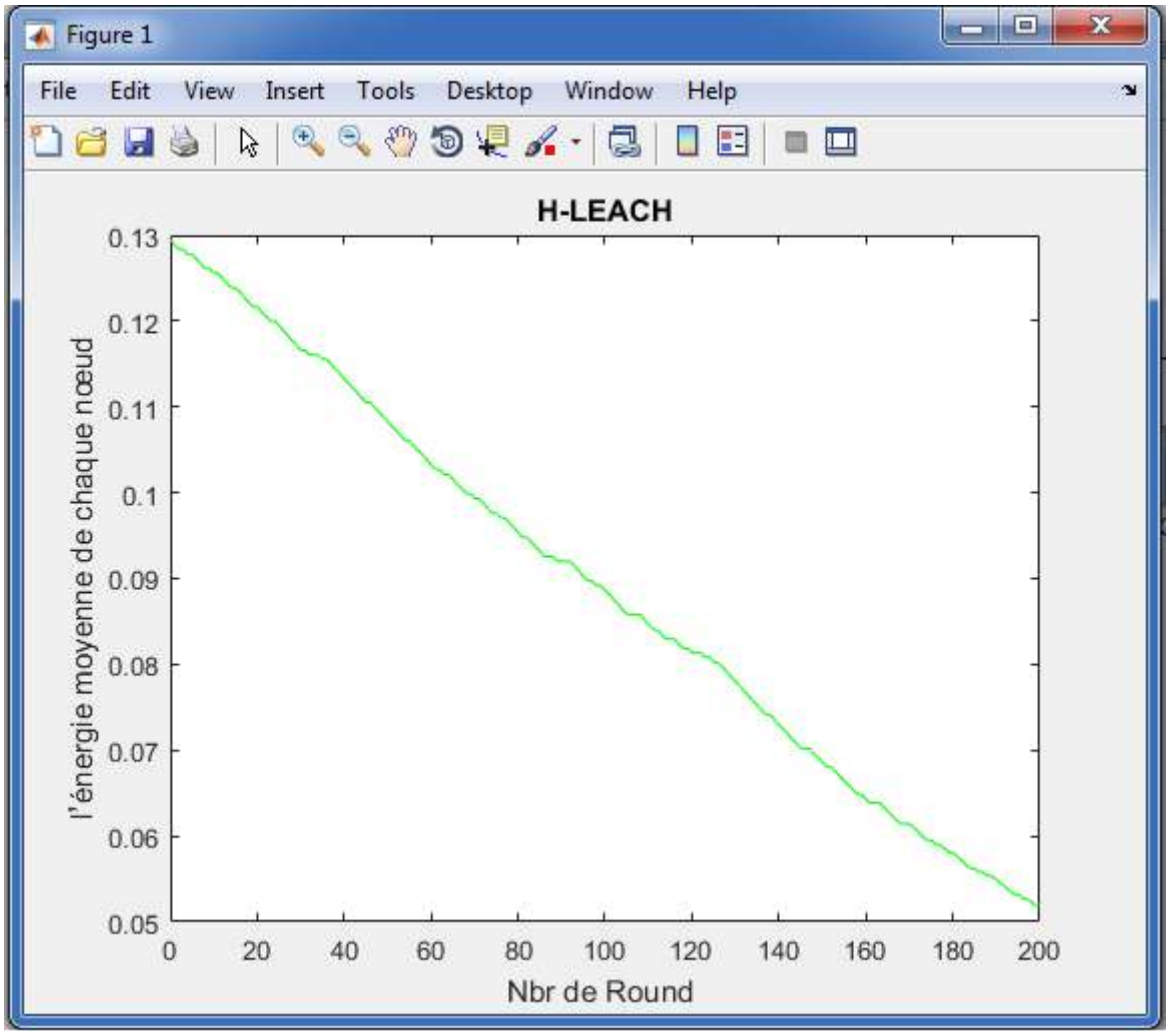


Figure III.8 : *l'énergie moyenne de chaque nœud*

La figure III.9 représente le nombre de nœuds mort par rapport du round après 200 rounds. Le nombre nœuds mort reste stable pendant les 150 rounds premier après il augmenté.

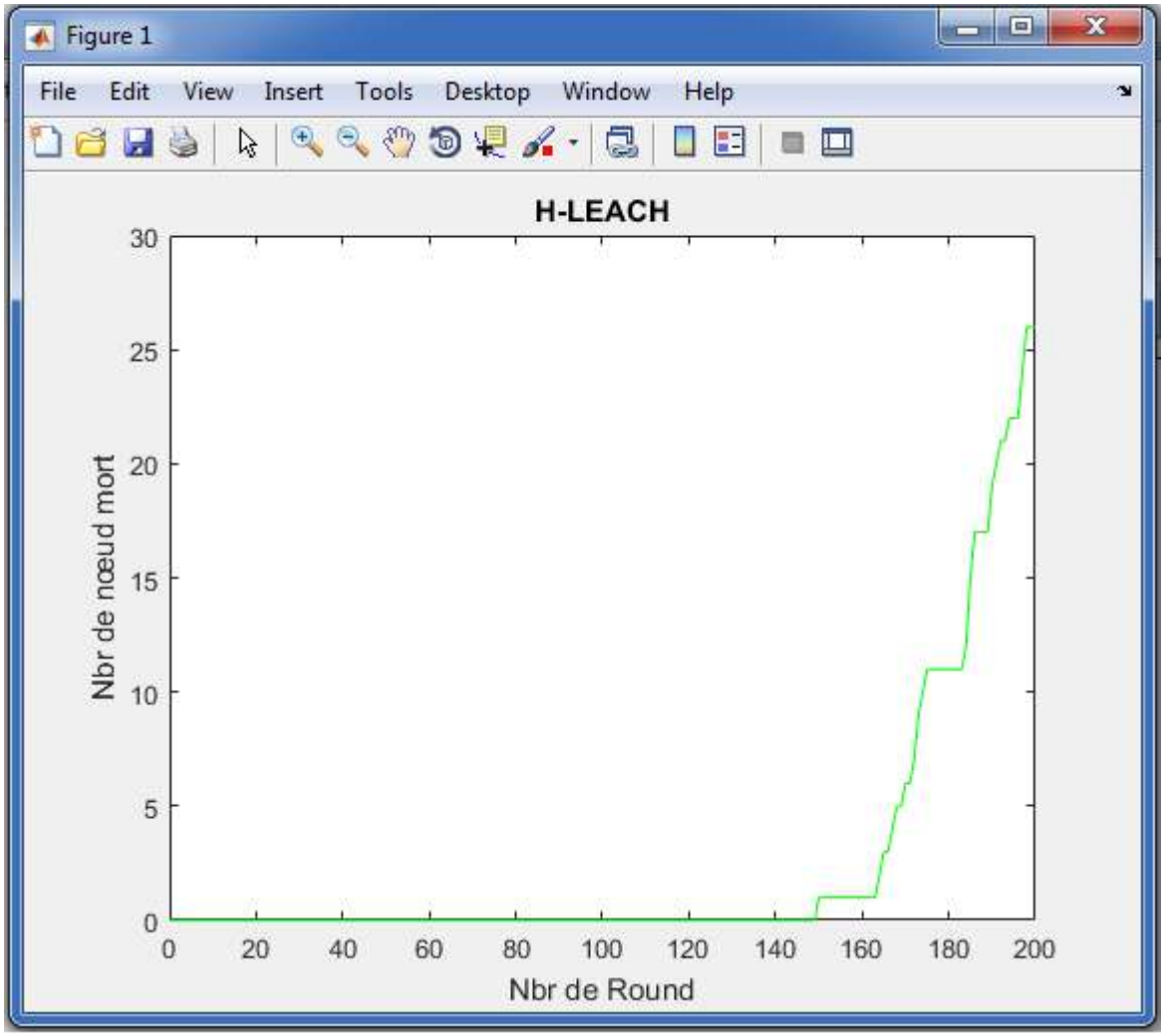


Figure III.9 : *le nombre de nœud mort*

9. Comparaissant entre LEACH, LEACH-C et LEACH-H :

La figure III. 10 prouve que LEACH-H est 84% meilleur que LEACH et LEACH-C en ce qui concerne l'énergie moyenne de chaque nœud.

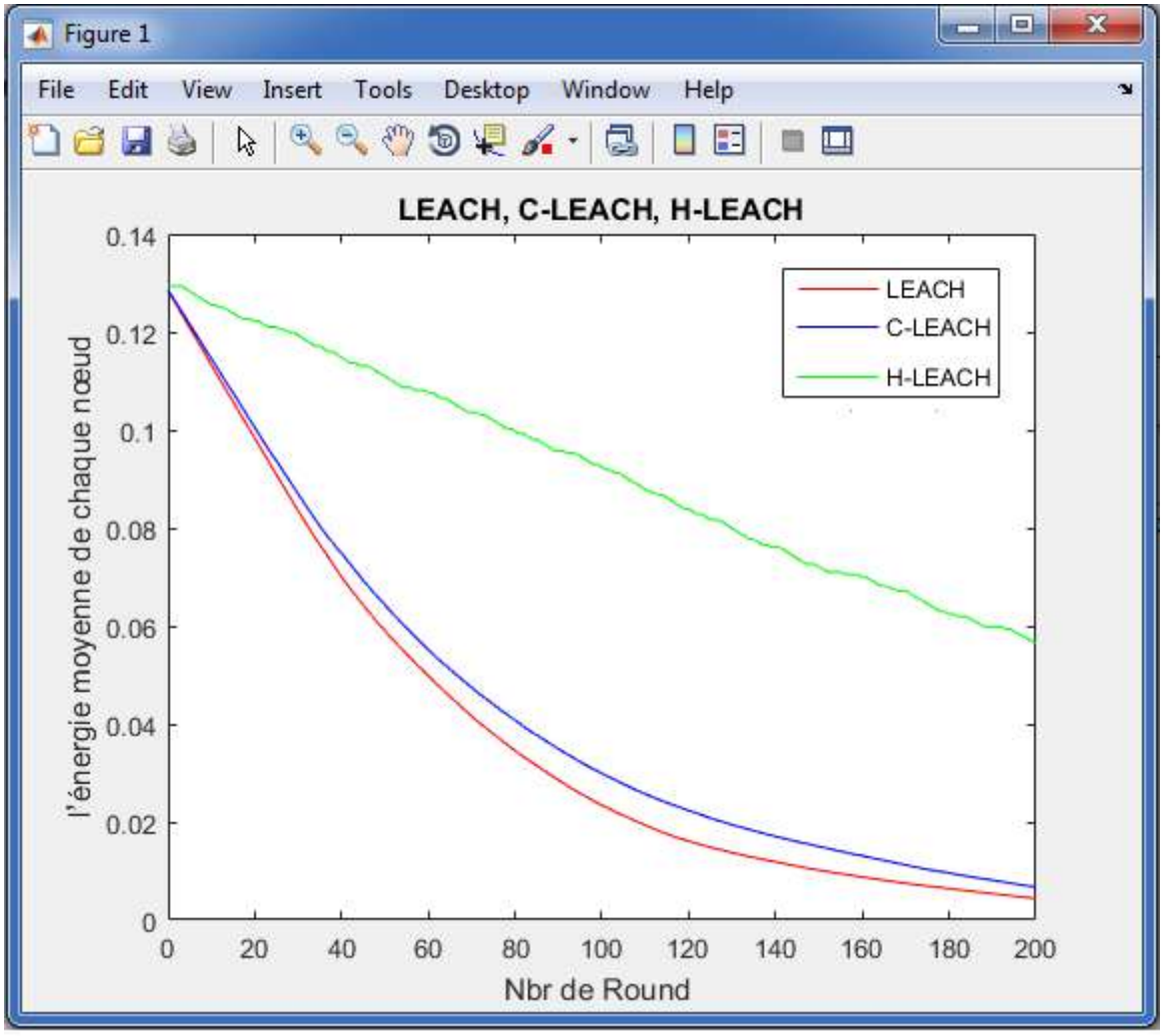


Figure III.10 : *comparaison de l'énergie moyenne de chaque nœud dans les protocoles LEACH, LEACH-C et LEACH-H*

La figure III. 11 prouve que LEACH-H est 90% meilleur que LEACH et LEACH-C En ce qui concerne la durée de vie des nœuds.

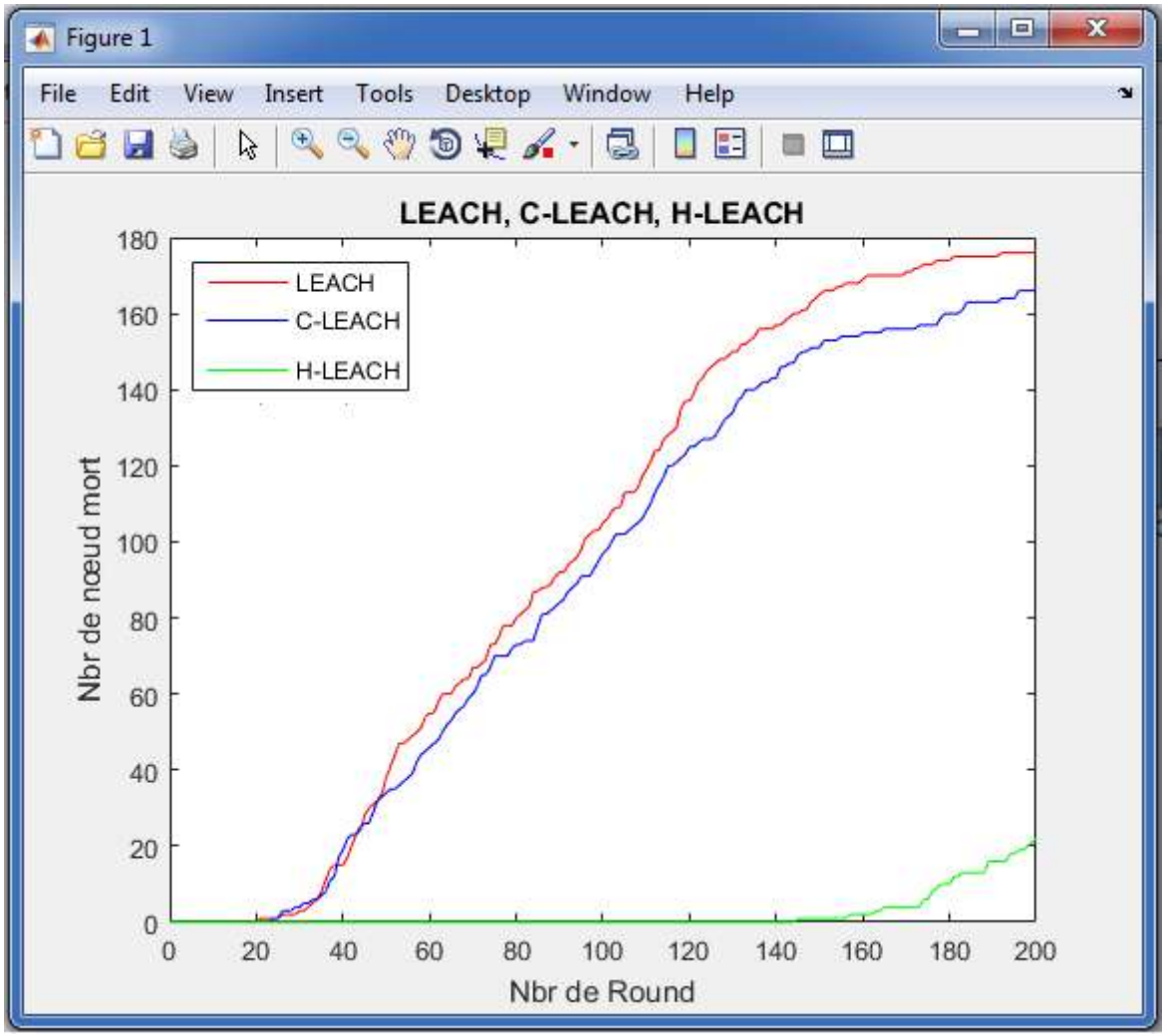


Figure III.11 : *comparaison du nombre de nœud mort dans les protocoles LEACH, LEACH-C et LEACH-H*

10. Conclusion :

Sachant que Le protocole LEACH est l'un des protocoles d'acheminement qui utilise principalement l'algorithme de groupement pour calculer l'efficacité énergétique du réseau. Pour cela dans ce chapitre on a proposé le protocole LEACH-H qui est basé sur le protocole existant LEACH pour économiser l'énergie du réseau. L'efficacité énergétique a été analysée en calculant le nombre de nœuds vivants dans le réseau avec la considération de le nombre de ronds. L'analyse d'exécution a été faite on utilise le programme MATLAB. Les résultats indiquent que le nombre de nœuds morts est moins dans le protocole LEACH-H que dans le protocole LEACH-C et LEACH. Donc on conclut que LEACH-H est plus efficace que le protocole existant LEACH.

Dans LEACH-H, l'énergie moyenne des nœuds joue un rôle essentiel dans le choix des clusters head. On propose une nouvelle formule en ce document pour trouver la valeur- seuil en employant l'énergie moyenne du nœud. L'énergie consommée par le nœud pour transmettre et recevoir des données est réduite dans chaque rond pour maintenir les nœuds vivants dans chaque rond. Le nœud est déclaré complètement quand son énergie tombe au-dessous de l'énergie minimum exigée pour transmettre l'énergie. Ainsi le protocole LEACH-H convient le plus pour économiser l'énergie du réseau LEACH étant protocole homogène réalise la vie maximum dans l'approche proposée.

Conclusion générale

Le routage est une méthode d'acheminement des informations vers une destination donnée dans un réseau de connexion. Et comme l'utilisation d'énergie dans le réseau a été le thème principal dans RCSFs pour prolonger la vie du réseau. L'objectif principal de routage hiérarchique est de maintenir efficacement la consommation d'énergie des nœuds des capteurs. Plusieurs travaux de recherche dans ce domaine ont été effectués, Chacune d'elle présente une technique différente tout dans le même but, c'est la minimisation de la consommation de l'énergie sur l'ensemble du réseau.

Des résultats des simulations du protocole LEACH-H ont être présentés et comparés avec le protocole de routage LEACH et LEACH-C ;en montrant que l'arrangement proposé équilibre la distribution de l'énergie dans le réseau Comparé à l'algorithme de LEACH, les résultats de stimulation démontrent que le nouvel arrangement peut améliorer l'efficacité énergétique et prolonger le temps de survie de réseau.et permettent aussi une évaluation des performances de la solution proposé et de consolider nos affirmations.

Bibliographies

[01] A. Braman and Umapathi G.R, “A Comparative Study on Advances in LEACH Routing Protocol for Wireless Sensor Networks: A survey,” International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering (IJARCCE), vol. 3, issue 2, pp. 5683-5690, February 2014.

[02] A. Depedri, A. Zanella and R. Verdone, “An Energy Efficient Protocol for Wireless Sensor Networks” in Proc. AINS, 2003, pp. 1-6.

[03] A. Makhoul, «Réseaux de capteurs : localisation, couverture et fusion de données», Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'Université de Franche-Comté, novembre 2008.

[04] A. Yektaparast, F.H.Nabavi, and A.Sarmast, “An Improvement on LEACH protocol (Cell-LEACH),” in 14th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT), pp.992-996, 19-22, Feb. 2012.

[05] Bala, Manju, and Lalit Awasthi. "Proficient D-HEED Protocol for Maximizing the Lifetime of WSN and Comparative Performance Investigations with Various Deployment Strategies" International Journal of Advanced Science and Technology 45 (2012): 107-124.

[06] B. Cãrbunar, A. Grama, J. Vitek, O. Cãrbunar, «Redundancy and coverage detection in sensor networks», ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN), Volume 2, Issue 1, February 2006.

[07] D. Curiac, V. Constantin, P. Dan, J. Lucian and D. Alexa, «Redundancy and Its Applications in Wireless Sensor Networks: A Survey», WSEAS Transactions on Computers, Vol. 8, Issue 4, pp. 705-714, April 2009.

[08] : Disponibilité et fiabilité des services et des systèmes Anthony Busson pdf

[09] D. Wei and H. Chan, “3rd Annual IEEE Communications Society on Sensor and Ad Hoc Communications and Networks”, (2006) September 25-28, Reston, USA.

[10] E.Abdellah, S. Benalla, A.B.Hsaane, and M. Lahcen, “Advanced Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy,” (IJCSE) International Journal on Computer Science and Engineering, vol. 02, no. 07, pp. 2491-2497, 2010.

[11] F. Theoleyre, Une auto-organisation et ses applications pour les réseaux ad hoc et hybrids. These de Doctorat, 2006.

[12] Heinzelman, M. et Perillo, W. Wireless Sensor Network Protocols. [´ed.] CRC Hall. 2005.

[13] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam & E. Cayirci – « Wireless sensor networks: a survey », IEEE Communications Magazine 40 (2002), no. 8, p. 102–114.

[14] I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, «Wireless Sensor Networks: A Survey,» Computer Networks Journal (Elsevier), vol. 38, no. 4, pp. 393-422, March 2002.

[15] International Journal of Application and Innovation in Engineering & Management, Vol. 3, Issue 3, March 2014.

[16] J.Gnanambigai, Dr.N.Rengarajan, and K.Anbukkarasi, ”Leach and Its Descendant Protocols: A Survey,” International Journal of Communication and Computer Technologies (IJCCT), vol. 01, issue 02, no.3, pp. 15-21, September 2012.

[17] M.Ahmad Jan and M.Khan, “A Survey of Cluster-based Hierarchical Routing Protocols,” IRACST – International Journal of Computer Networks and Wireless Communications (IJCNWC),vol.3, no.2, pp. 138-143, April 2013.

[18] M. LEHSAINI, «Diffusion et couverture basées sur le clustering dans les réseaux de capteurs: application à la domotique. », thèse de doctorat en informatique, Université A.B Tlemcen Faculté des Sciences pour l'Ingénieur && Université de Franche-Comté U.F.R Sciences et Techniques École Doctorale SPIM, 2009.

[19] M. Sedrati, L. Aouragh, L. Guettala & A. Bilami – « Etude des performances des protocoles de routage dans les réseaux mobiles ad-hoc », dans Proc.4th Int’l Conf. On Computer Integrated Manufacturing (CIP’2007), 2007.

[20] N. Sindhwani and R. Vaid, “V LEACH: AN Energy Efficient Communication Protocol for WSN,” Mechanica Confab, vol. 2, no. 2, pp. 79-84, February-March 2013.

[21] Ravneet Kaur, Deepika Sharma and Navdeep Kaur, Comparative Analysis Of Leach And Its Descendant Protocols In Wireless Sensor Network, International Journal of P2P Network Trends and Technology, Vol. 3, Issue 1, 2013, pp. 51-55.

[22] R.Kaur, D.Sharma, and N.Kaur, “Comparative Analysis Of Leach And Its Descendant Protocols In Wireless Sensor Network,” International Journal of P2P Network Trends and Technology (IJPNTT), vol. 3, issue 1, pp. 51-55, 2013.

[23] T. A. Yang Chair,L. Shih,G. C. Collins, "Applying Image Processing Techniques To Simulate a Self-organized Sensor Network For Tracking Objects", Master Thesis Defense, Computer Engineering 2005.

[24] V.Kumar, S.Jain, and S. Tiwari, “Energy Efficient Clustering Algorithms in Wireless Sensor Networks: A Survey,” International Journal of Computer Science Issues (IJCSI), vol. 8, issue 5, no. 2, pp. 259-268, September 2011.

[25] Wendi Rabiner Heinzelman, Anantha Chandrakasan, and Hari Balakrishnan. Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks. In Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'00), volume 2, pages 3005-3014,Washington, DC, USA, 2000. IEEE Computer Society.

[26] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, H. Balakrishnan, Energy-E_cient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks, International Conference on Systems Science, vol. 8, pp. 8020, January 2000.

[27] W.Heinzelman, A.Chandrakasan, and H.Balakrishnan, "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks," IEEE Transaction on Wireless Communications, vol. 1, no. 4, pp. 660–670, 2002.

[28] W. Heinzelman, A.P. Chandrakasan and H. Balakrishnan, "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks", In IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 1, No. 4, pp. 660-670. (2002).