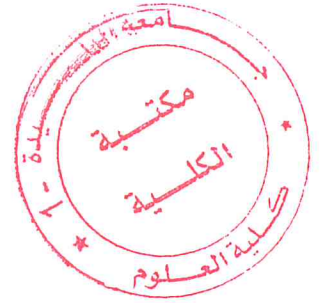


République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de Recherche Scientifique

Université Saad DAHLEB de Blida

Faculté des sciences

Département D'informatique



Mémoire

Master Académique

Domaine : Mathématique et d'Informatique

Filière : Informatique

Spécialité : Ingénierie Logiciel

THEME

La transmission des messages de pannes dans les réseaux de capteurs et minimisation de la redondance.

Présenté par :

Sellami Oum Elkheir

Slimi Farida

Promotrice :

Ghribi Hayet

Composition de jury

Président M Ould-Aissa Ahmed

Examinatrice Mme Djeddar Afrah

Année Universitaire :2017/2018

Sommaire

Remerciement	
Dédicaces	
Résumé	
Liste des tables	
Liste des figures	
Introduction générale	1
Chapitre I: Etat de l'art.....	3
1. Introduction.....	4
2. Réseaux de capteurs.....	4
2.1 Définition.....	4
2.2 Domaines d'application.....	5
2.3 Architecture protocolaire.....	7
2.4 Les contraintes d'application des réseaux de capteurs.....	9
2.5 Les défis d'application des réseaux de capteurs.....	10
3. L'observation et la transmission des données dans les RCS.....	11
3.1 Mode de transmission.....	12
3.1.1 Collecte d'informations à la demande.....	12
3.1.2 Suite à un événement.....	12
3.2 La couverture et la connectivite et la qualité de service d'un RCSF.....	13
3.2.1 La couverture.....	13
3.2.2 La connectivite.....	14
4. Les pannes dans le RCSF.....	14
4.1 Définition.....	14
4.2 Les causes de panne.....	15
4.3 Classification des pannes.....	15
4.3.1 Pannes selon durée.....	16
4.3.2 Pannes selon la cause.....	16
4.3.3 Pannes selon le comportement résultant.....	16
4.4 Formule pour la probabilité de panne.....	17
4.5 L'influence de la panne sur la couverture et la connectivité.....	17
5 La détection d'une panne et la redondance.....	17
5.1 Les modes de détection d'une panne dans le RCSF.....	17
5.2 Les arcs non couvert.....	18

5.3	Problème de la redondance.....	19
5.4	Problème de redondance dans les arcs non couverts.....	19
6	L'agrégation et la transmission des messages de pannes.....	20
6.1	Les motivations d'utilisation de protocoles de routage.....	20
6.2	La transmission et le routage des messages de panne.....	20
6.3	Le routage géographique.....	20
6.4	Classification.....	21
6.4.1	Les protocoles hiérarchies.....	21
6.4.2	Les protocoles de routage à plat.....	23
6.5	GPSR.....	24
6.5.1	principe GPSR.....	24
7	Agrégation des données.....	25
7.1	Définition.....	25
7.2	L'agrégation des données et les protocoles de routages.....	25
7.3	La relation entre l'agrégation et le routage des données.....	25
7.4	Mécanismes d'agrégation de données.....	27
8	Conclusion.....	28
	Chapitre II: Conception.....	29
1	Introduction.....	30
2	Le processus de détection et de transmission.....	30
3	Description de notre solution.....	33
3.1	Récupération de la position.....	33
3.2	la vérification de la redondance.....	34
3.2.1	la structure utilisé.....	34
3.2.2	les critères de vérification.....	34
3.2.3	la liste de pannes.....	35
3.2.4	Descriptio de notre solution.....	35
3.2.5	L'algorithme de notre solution	36
4	Conclusion.....	36
	Chapitre III: Simulation.....	37
1	Introduction.....	38
2	Les outils d'implémentation.....	38
2.1	Omnet.....	38
3	L'environnement d'implémentation.....	42

3.1	Les plates formes utilisées.....	42
3.2	Zone de déploiement.....	43
3.2	les composant de fichier omnet.....	43
3.3	Type du nœud utilisé.....	43
4	L'architecture du nœud utilisé.....	43
5	Scenario.....	44
5.1	Scenario numéro 01 le cas de redondance.....	44
5.2	Scenario numéro 02 le cas de minimiser la redondance.....	45
5.3	Comparaison entre les résultats.....	47
6	Conclusions.....	47
	Conclusion générale.....	48

Remerciement

Nous remercions avant tout dieu le tout puissant qui nous a aidés à réaliser ce travail

*Nous tenons à remercier notre promotrice Mme **Ghribipour** son aide et sa patience et sa disponibilité et sa compréhension*

Nous remercions le membre de jury pour nous avoir fait l'honneur de juger notre travail.

Nous sommes reconnaissantes à Tous nos enseignants qui nous ont facilité la compréhension et la maîtrise.

Nous tenons à remercier également et énormément nos très chers parents ainsi toute personne qui nous a aidés de près ou de loin.

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail plus particulièrement
A mon père et ma mère qui se sont sacrifiés pour que je puisse
Achever mes études.
A mon fiancée.
A mes sœurs et frère.
A mes amis, mon binome sellami....
A la promotion LMD Master IL
A tous ceux qui me sont chers et qui m'aiment.*

SLIMI

Dédicace

Je dédie ce travail à mes très chers parents qui m'ont toujours soutenu pendant toute ma vie, je leur souhaite le bonheur et la bonne santé. J'espère que vous seriez toujours fiers de moi ;

A tout ma famille, mes tantes, mes oncles, mes cousins(es) et mes voisins ;

A mes amis Soumia, Nabila, Sara.

A ma binôme Slimi Farida et à toute sa famille ;

A notre promotrice M^{me}Gribie. ;

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment

OUM ELKHEIR

Résumé

La panne d'un ou plusieurs capteurs est un problème qui diminue gravement sur la qualité de service de réseau de capteurs sans fils. Le traitement et la détection des pannes nécessaire pour garantir la continuité de ce service, les méthodes de détection utilise la méthode des arcs non couvert, malheureusement le problème de cette méthode la redondance de détection, ce que génère plusieurs messages pour la même panne.

Afin de conserver l'énergie des capteurs, on propose une solution de minimisation du nombre des messages transmis pour la même panne exploitant un mécanisme d'agrégation intègre dans un protocole de routage.

Mot clés : RCSF, traitement de panne, Arc non couvert l'agrégation, redondance, routage.

Abstract

The failure of one or more sensors is a problem that seriously decreases the quality of wireless sensor network service. The processing and fault detection necessary to ensure the continuity of this service, the detection methods uses the method of uncovered arcs, unfortunately the problem of this method is the redundancy of detection, which generates several messages for the same failure.

In order to conserve the energy of the sensors, a solution is proposed for minimizing the number of messages transmitted for the same fault using an aggregation mechanism integrated in a routing protocol.

Keywords: RCSF, fault handling, Arc not covered aggregation, redundancy, routing.

ملخص

إن فشل واحد أو أكثر من المستشعرات هو مشكلة تقلل بشكل خطير من جودة خدمة شبكة الاستشعار اللاسلكية. إن معالجة وكشف الفشل أمر ضروري لضمان استمرارية هذه الخدمة، من بين طرق الكشف التي تستخدم طريقة الأقواس المكشوفة، وللأسف فإن مشكلة هذه الطريقة هي تكرار الكشف، والتي تولد عدة رسائل لنفس الأعطال.

من أجل الحفاظ على طاقة المستشعرات، يتم اقتراح حل لتقليل عدد الرسائل المرسلة لنفس الإخفاق من خلال استغلال آلية تجميع متكاملة في بروتوكول التوجيه.

الكلمات الرئيسية: شبكات أجهزة الاستشعار، إدارة الأعطال، تجميع القوس غير مغطى، التكرار، التوجيه.

Liste des tables

Table 1: Comparaison entre les simulateurs.....	41
Table 2: les composants d'Omnet.....	42

Liste des figures

Figure 1: Architecture d'un réseau de capteur.....	4
Figure 2: L'exemple d'un réseau Ad'hoc.....	5
Figure 3 : Quelques domaines d'application des RCSF.....	7
Figure 4: Pile protocolaire dans les RCSF.....	8
Figure 5: Architecture de communication d'un RCSF.....	11
Figure 6: Collecte d'informations à la demande.....	12
Figure 7: Application orientée événement.....	13
Figure 8 : Couverture de zone d'intérêt.....	14
Figure 9:Classification des pannes.....	15
Figure 10: Identification du trou de détection locale.....	19
Figure 11: Routage géographique.....	21
Figure 12: Le routage hiérarchique.....	22
Figure 13: Illustre une architecture en cluster, utilise par le protocole LEACH.....	23
Figure 14: Protocoles d'agrégation de données dans les RCSF.....	26
Figure 15: La détection d'une panne.....	30
Figure 16: La transmission des rapports de panne.....	31
Figure 17: L'algorithme général.....	33
Figure 18: Architecture modulaire de l'OMNeT++.....	40
Figure 19: La zone de déploiement.....	43
Figure 20:L'architecture du nœud utilisé.....	44
Figure 21 : La détection de panne dans le cas de redondance.....	45
Figure 22: La détection dans le cas de minimiser le nombre de messages.....	46
Figure 23: La présentation des résultats de simulation.....	47

Introduction générale

L'objectif de réseau de capteurs sans fil est la collecte des informations à partir d'un environnement déterminé.

Le capteur est une unité de traitement physiquement faible, et peut tomber en panne après une période de fonctionnement. La cause de la panne peut être liée à un incendie ou l'épuisement de son énergie. Par conséquent, la panne d'un ou plusieurs capteurs influe gravement sur la qualité de service du réseau. Alors, le traitement de ces pannes devient le seul moyen pour garantir la continuité de service. Cependant, les étapes principales de traitement est la détection (chercher la position de panne) ainsi que sa réparation. Les chercheurs dans ce domaine ont implémenté plusieurs méthodes de détection de panne où les capteurs détectent les pannes de ses voisins (capteurs adjacents). La méthode des arcs non couvert est parmi les solutions les plus utilisées pour la détection des pannes (Fletcher, 2010) (Ghribi, 2017). Tandis que, la mise en pratique de cette méthode pose « le problème de redondance ». Les capteurs calculent et ensuite transmettraient plusieurs messages pour une panne. De ce fait, l'énergie de l'ensemble des capteurs sera épuisée rapidement, ce qui génère d'autres pannes.

L'objectif de ce travail est de proposer une solution (d'agrégation) dédié pour la transmission des messages de panne. Le rôle de cette solution est de détecter la redondance dans les messages transmis et d'arrêter la transmission des messages répétitifs (qui portent la même information sur la panne). Cette initiative est un véritable challenge, car en respectant la mission et les caractéristiques de la couche routage, le protocole de routage ne peut pas accéder aux données portées par le paquet. Alors, comment on peut exploiter un minimum d'informations portées ou ajoutées au paquetage pour détecter une redondance possible et éviter l'envoi de plusieurs messages de panne pour la même panne. Plusieurs techniques ont été envisagées et qui peuvent être utilisées pour atteindre cet objectif. On cite à titre d'exemple, l'agrégation des données et la fusion des données.

Dans ce travail de master, on propose une solution pour garantir la réception de message de panne.

1. Organisation du mémoire

Afin d'atteindre les objectifs cité ci-dessus, notre mémoire s'articulera autour de deux parties

- Etat de l'art qui contiendra un seule chapitre :

-Chapitre I : Nous présentons dans le premier chapitre les caractéristiques de réseaux de capteur sans fil, et nous présentons quelques protocoles de routage qui existe dans le réseau de capteur sans fil.

- Conception et simulation qui contiendra deux chapitres :

-Chapitre II: Ce chapitre comporte la conception de notre système pour atteindre notre objectif.

-Chapitre III: Dans ce chapitre nous décrivons les différents outils utilisées dans notre projet, ensuite nous présenterons une démonstration globale de différentes tâches à accomplir par notre application.

Chapitre I:
Etat de l'art sur les
Réseaux de Capteurs
Sans Fil

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons tout d'abord les réseaux de capteurs sans fil, leurs caractéristiques, la transmission des données dans les RCSF et nous définissons le problème de la redondance et l'agrégation de données.

2. Réseaux de capteurs

2.1. Définition (Badache & Khelladi, 2004)

Les réseaux de capteurs sans fil sont considérés comme un type spécial des réseaux Ad hoc où l'infrastructure fixe de communication et l'administration centralisée sont absentes et les nœuds jouent à la fois, le rôle des hôtes et des routeurs. Ce type de réseaux consiste en un ensemble de micro-capteurs éparpillés aléatoirement à travers une zone géographique qui définit le terrain d'intérêt pour le phénomène capté.

Les micro-capteurs déployés sont capables de surveiller, d'une manière continue, une grande variété de conditions ambiantes telles que la température, l'humidité, et de détecter également l'occurrence des événements tel que les séismes. Malgré leur capacité limitée de captage et de traitement de donnée, qui n'est qu'une conséquence de leur taille miniaturisé (de l'ordre de 1cm³), les composants de communication sans fil intégrés à ces capteurs leur permettent de collaborer et de coordonner entre eux afin d'accomplir des tâches de captage complexes

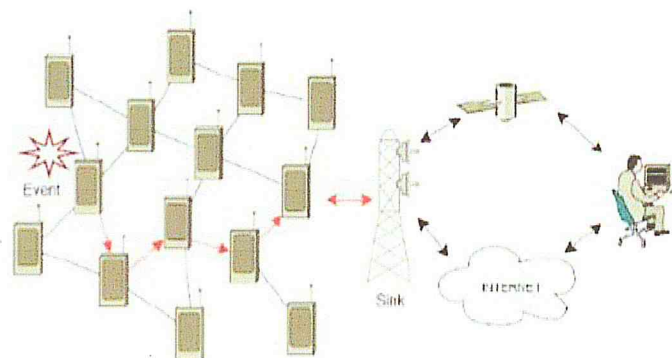


Figure 1: Architecture d'un réseau de capteur (Fekih & Gorine, 2015)

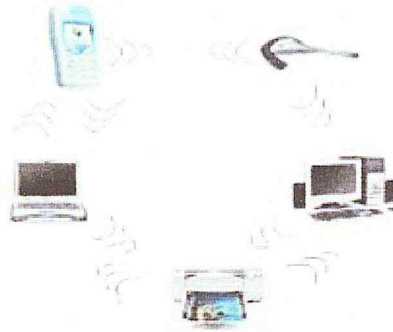


Figure 2 : l'exemple d'un réseau Ad hoc (Khelifa, 2007)

2.2. Domaines d'application (Boulanouar, 2015)

Les réseaux de capteurs sont généralement déployés dans une zone donnée pour observer un phénomène spécifique. En fonction du type d'informations récoltées, ils peuvent être destinés à plusieurs domaines d'applications parmi lesquels nous comptons les applications : militaires, environnementales, médicales, domotiques, industrielles ou encore commercial.

- **Applications militaires** (Boulanouar, 2015)

Les réseaux de capteurs sans fil sont particulièrement adaptés aux applications militaires étant donné leur faible coût et leur rapidité de déploiement. Dans ce domaine, ils peuvent être utilisés pour : la surveillance de zones d'intérêt, la surveillance et la gestion des troupes et des munitions, l'évaluation des pertes et dommages post-bataille ou encore la détection d'attaques biologique ou chimique.

- **Applications environnementales** (Boulanouar, 2015)

Parmi les applications environnementales des réseaux de capteurs sans fil, nous pouvons citer: la surveillance des flux migratoires d'oiseaux ou de certains animaux, la surveillance des domaines forestiers et la détection d'incendies facilitant ainsi la lutte contre les feux de forêt , le suivi agricole, la détection de pollution dans les sites urbains ou les fuites de produits toxiques dans les sites industriels et bien d'autres applications encore .

- **Applications médicales** (Boulanouar, 2015)

Les réseaux de capteurs sans fil trouvent facilement leur utilité dans le domaine médical. À l'aide de micro-capteurs déployés sur le corps humain ou éventuellement implantés, une surveillance permanente des constantes vitales d'un patient peut être assurée . De plus,

Chapitre I: Etat de l'art sur les Réseaux de Capteurs Sans Fil

certaines diagnostics peuvent être facilités en mesurant en temps réel ou en étudiant certaines données physiologiques (tension artérielle, rythme cardiaque, etc) collectées et stockées dans la mémoire des capteurs. Enfin, certains comportements inhabituels peuvent être détectés (chute, évanouissement, etc).

- **Applications domotiques** (Boulanouar, 2015)

Avec les progrès technologiques, les capteurs sans fil peuvent être embarqués dans des appareils du quotidien (thermostat, lampe, interrupteurs, etc) et les appareils électroménagers. Ces capteurs peuvent interagir aussi bien les uns avec les autres ou bien avec un réseau externe via internet permettant ainsi à l'utilisateur de contrôler ses appareils à distance. Nous pouvons aisément imaginer la multitudes d'actions et de scénarios dans le cadre de la maison intelligente qui deviennent possibles telles que : la lumière s'allume quand je rentre dans une pièce, le chauffage et la climatisation s'ajustent en fonction de la température de certains points de mesures et bien d'autres scénarios encore.

- **Applications industrielles** (Boulanouar, 2015)

Il est possible d'utiliser les réseaux de capteurs sans fil dans des contextes industriels. À titre d'exemple nous citons : le suivi de chaîne de production, la gestion d'inventaire, le contrôle de qualité, etc. De façon générale, les réseaux de capteurs sans fil permettent aux entreprises d'améliorer la qualité de service tout en réduisant les coûts .

- **Domaine commercial** (Kazi Tani, 2014)

Parmi les domaines dans lesquels les réseaux de capteurs ont aussi prouvé leur utilité, on trouve le domaine commercial. Dans ce secteur nous pouvons énumérer plusieurs applications comme : la surveillance de l'état du matériel, le contrôle et l'automatisation des processus d'usinage, etc...

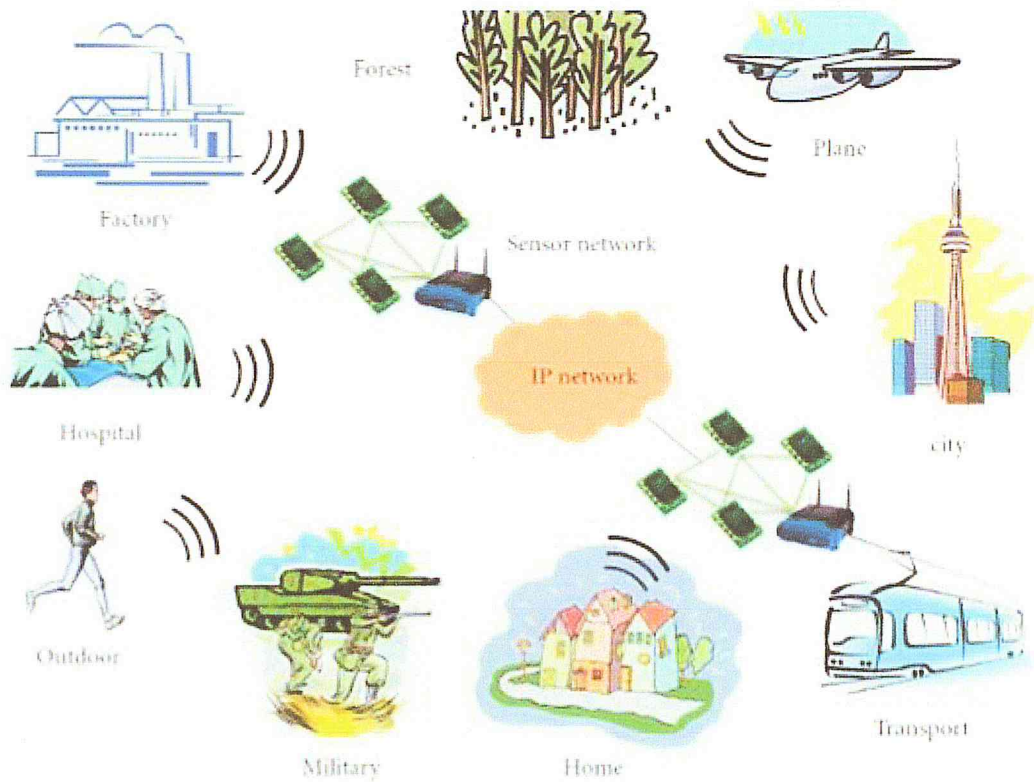


Figure 3: Quelques domaines d'application des RCSF (Fekih & Gorine, 2015)

2.3 Architecture protocolaire (Abdelhalim & Belouatek, 2013)

Pour établir un réseau de capteur sans fil efficace, Une pile protocolaire de cinq couches est utilisée par les nœuds du réseau : la couche application, la couche transport, la couche réseau, la couche liaison de données et la couche physique.

De plus, cette pile possède trois plans de gestion: le plan de gestion des tâches qui permet de bien affecter les tâches aux nœuds capteurs, le plan de gestion de mobilité qui garde une image sur la localisation des nœuds pendant la phase de routage, et le plan de gestion de l'énergie qui permet de préserver le maximum d'énergie.

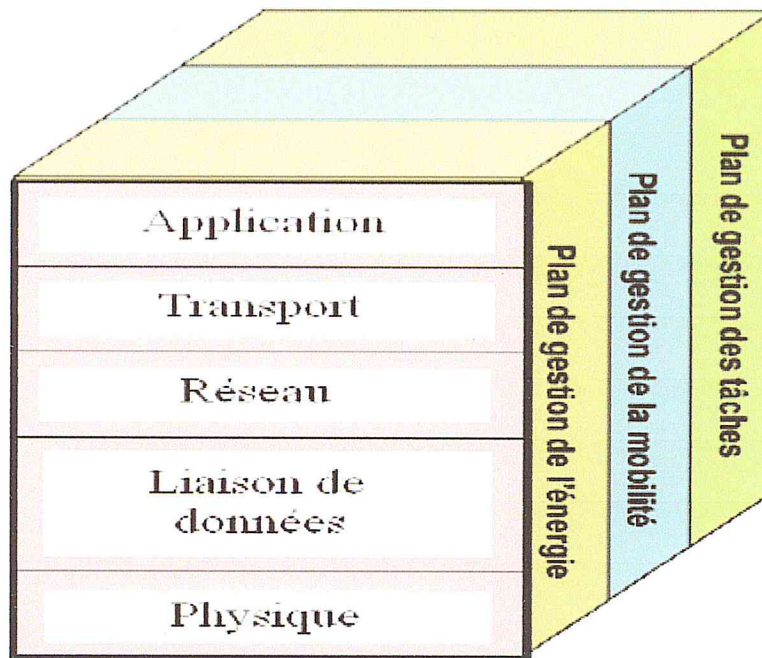


Figure 4: Pile protocolaire dans les RCSF. (Abdelhalim & Belouatek, 2013)

- **Couche application** : Elle assure l'interface avec les applications. Il s'agit donc de la couche la plus proche des utilisateurs, gérée directement par les logiciels.
- **Couche transport** : Elle vérifie le bon acheminement des données et la qualité de la transmission. Dans les RCSF, la fiabilité de transmission n'est pas garantie. Ainsi, les erreurs et les pertes sont tolérées c'est la raison pour laquelle nous déployons les capteurs en grand nombre. Par conséquent, un protocole de transport proche du protocole UDP appelé UDP-Like est utilisé. Cependant, comme le protocole de transport TCP est universel, les RCSF doivent donc posséder, lors d'une communication avec un réseau externe, une interface TCP-splitting pour vérifier la compatibilité entre ces deux réseaux communicants.
- **Couche réseau** : Elle s'occupe du routage de données fournies par la couche transport. Elle établit les routes entre les nœuds capteurs et le nœud puits, et sélectionne le meilleur chemin en termes d'énergie, délai de transmission, débit, etc.

Chapitre I: Etat de l'art sur les Réseaux de Capteurs Sans Fil

- **Couche liaison de données** : Elle est responsable de l'accès au media physique, de la détection et de la correction d'erreurs intervenues sur la couche physique. De plus, elle établit une communication saut-par-saut entre les nœuds. elle détermine les liens de communication entre eux dans une distance d'un seul saut.
- **Couche physique** : Cette couche permet de moduler les données et les acheminer dans le media physique tout en choisissant les bonnes fréquences.

2.4 Les contraintes d'application des réseaux de capteurs (Benallal & Hadj adda, 2014)

Les principaux facteurs et contraintes influençant l'architecture des réseaux de capteurs peuvent être résumés comme suit :

- **Tolérance aux pannes** : Les algorithmes et protocoles doivent tenir compte du fait qu'un nœud peut cesser de fonctionner par manque d'énergie ou parce qu'il a été détruit accidentellement par un animal ou intentionnellement par des personnes. Ils devront adapter leur niveau de tolérance aux pannes en fonction de l'hostilité du milieu dans lequel est déployé le réseau.
- **Le passage à l'échelle** : Le nombre de nœuds capteurs augmente sur un réseau sans fil et ce nombre peut atteindre des milliers voire plus d'un million. De ce fait, un nombre aussi important de nœuds engendre beaucoup de transmissions entre les nœuds et peut imposer des difficultés pour le transfert de données. En outre, la plupart des protocoles sont conçus pour des réseaux de taille moyenne et perdent leurs performances quand le nombre de nœuds augmente dans le réseau.
- **L'environnement** : Les capteurs sont souvent déployés en masse dans des endroits tels que des champs de bataille, à l'intérieur de grandes machines, au fond d'un océan, dans des champs biologiquement ou chimiquement souillés,... Par conséquent, ils doivent pouvoir fonctionner sans surveillance dans des régions géographiques éloignées.
- **La topologie de réseau** : Le déploiement d'un grand nombre de nœuds nécessite une maintenance de la topologie. Cette maintenance consiste en trois phases : déploiement, post-déploiement (les capteurs peuvent bouger, ne plus fonctionner,...) et redéploiement de nœuds additionnels quand le taux de couverture de la zone d'intérêt diminue au-dessous d'un certain seuil.

Chapitre I: Etat de l'art sur les Réseaux de Capteurs Sans Fil

- **Les contraintes matérielles :** La principale contrainte matérielle est la taille du capteur. Les autres contraintes sont la consommation d'énergie qui doit être moindre pour que le réseau survive le plus longtemps possible, qu'il s'adapte aux différents environnements (fortes chaleurs, eau,...), qu'il soit autonome et très résistant vu qu'il est souvent déployé dans des environnements hostiles.
- **Le faible débit :** le débit garanti par les capteurs est trop limité. D'où, il faudrait optimiser l'information envoyée au centre de contrôle par exemple utiliser des nœuds agrégateurs pour agréger l'information localement avant de l'envoyer.
- **La consommation d'énergie :** Un capteur, de par sa taille, est limité en énergie (<1.2V). Dans la plupart des cas le remplacement de la batterie est impossible. Ce qui veut dire que la durée de vie d'un capteur dépend grandement de la durée de vie de la batterie. Dans un réseau de capteurs (multi-sauts) chaque nœud collecte des données et les envoie. Le dysfonctionnement de quelques nœuds nécessite un changement de la topologie du réseau et un re-routage des paquets. Toutes ces opérations sont gourmandes en énergie, c'est pour cette raison que les recherches actuelles se concentrent principalement sur les moyens de réduire cette consommation .

2.5 les défis d'application des réseaux de capteurs (Badache & Khelladi, 2004)

La nature contraignante de l'environnement mobile impose plusieurs défis que doivent surmonter les unités mobiles. En effet, ces unités doivent être efficaces en consommation d'énergie pour permettre la plus longue durée de vie aux batteries utilisées, et ceci, via la production des batteries plus petites et durables, des composants électroniques plus intégrés qui consomment moins d'énergie, et surtout des logiciels qui prennent en compte la contrainte d'énergie.

Les unités mobiles doivent avoir également la possibilité de découvrir automatiquement et d'une manière autonome les différents paramètres leur permettant de s'intégrer dans l'environnement mobile et de s'auto-configurer pour devenir opérationnel sans aucune intervention de l'administrateur. De plus, ces unités doivent avoir toutes les connaissances nécessaires liées à leur localisation et leur contexte de fonctionnement « Location and Context Awareness ».

L'adaptabilité au changement des conditions des canaux de communication « Time Varying Radio Channels » est une autre caractéristique importante des unités mobiles

qui leurs permet de fonctionner dans les environnements irréguliers. Enfin, la sécurité, plus qu'elle l'a été dans les réseaux filaires, est d'une importance primordiale dans les réseaux mobiles sans fil. Elle inclut aussi bien la protection des données contre les pertes et la corruption, que leur confidentialité. Cependant, l'application des techniques classiques (cryptage, signature,...) utilisée dans les environnements fixes est loin d'être évidente dans les réseaux mobiles.

3. L'observation et la transmission des données dans les RCSF (Abdelhalim & Belouatek, 2013)

Un réseau des capteurs est composé d'un grand nombre des nœuds dispersés dans une zone géographique. Le nombre des capteurs déployés est défini selon la taille de la zone de couverture et chaque nœud a la possibilité de détecter ou collecter certaine information (température, humidité, ...) et de la transmettre aux voisins jusqu'à l'aboutissement à la station de base ou nœud puits. La distance entre deux nœuds est estimée en fonction de la puissance de transmission via les ondes radio.

Le nœud puits est un nœud qui n'est pas comme les autres en termes d'énergie. Son but est de recevoir les informations qui y arrivent des autres nœuds et les transmettre à son tour à un poste de contrôle par le biais d'une transmission satellitaire ou Internet. La figure illustre un schéma de communication de données dans un RCSF.

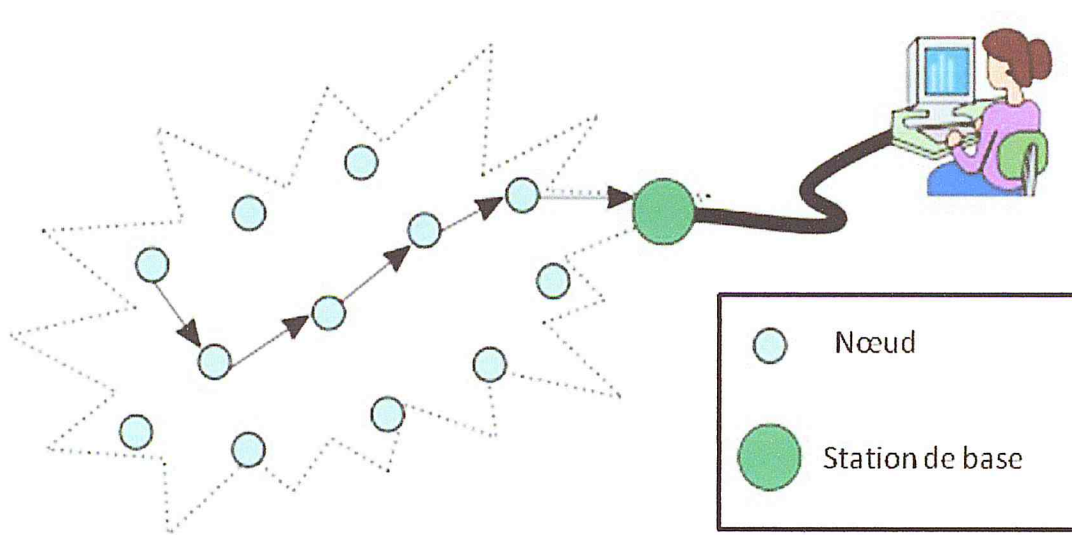


Figure 5 : Architecture de communication d'un RCSF (Cedric, 2012)

3.1 Mode de transmission (Abdelhalim & Belouatek, 2013)

Parmi les méthodes de collecte des informations dans les réseaux de capteur on cite deux méthodes:

3.1.1 Collecte d'informations à la demande (Abdelhalim & Belouatek, 2013)

Lorsque on souhaite connaître l'état de la zone d'intérêt à l'instant T, le nœud puits émet une requête en broadcast vers tous les nœuds déployés dans la zone d'intérêt pour que ces derniers remontent leur dernier relevé vers le nœud puits. Les informations sont alors acheminées vers le nœud puits par le biais d'une communication multi-sauts. La figure 6 illustre ce mode de communication

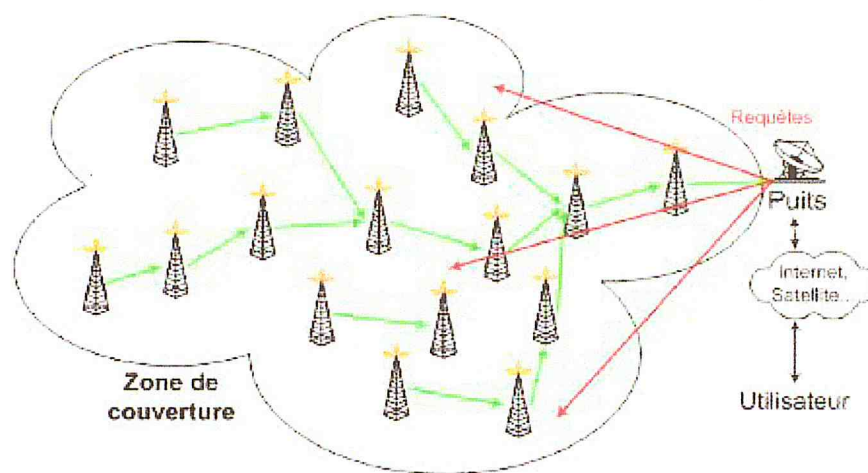


Figure 6 : Collecte d'informations à la demande (Abdelhalim & Belouatek, 2013)

3.1.2 Suite à un événement (Abdelhalim & Belouatek, 2013)

Un événement se produit en un point de la zone d'intérêt (changement brusque de température, détection d'un mouvement...), les capteurs situés à proximité de ce point cible remontent alors les informations relevées et les acheminent jusqu'au nœud puits. La figure symbolise comment se fait la communication de l'information au centre de contrôle dans ce type de réseaux

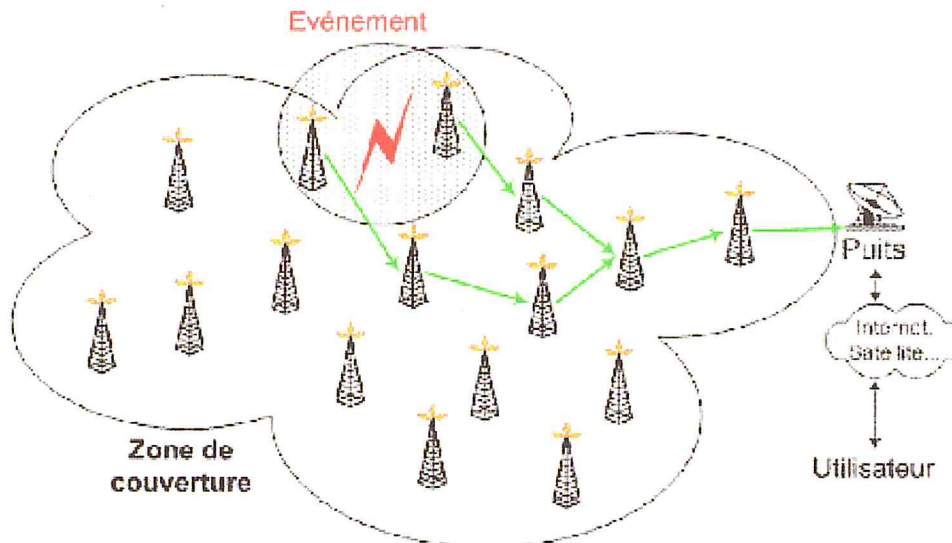


Figure 7: Application orientée événement (Abdelhalim & Belouatek, 2013)

3.2 La couverture et la connectivité et la qualité de service d'un RCSF

3.2.1 Couverture (Benazzouz, 2013)

Les capteurs sont déployés dans une zone d'intérêt ou la zone de couverture afin d'observer tous les événements qui se produisent au niveau de la zone, les capteurs déployés doivent connaître toute la zone, et la (Figure 8) veut dire que nous voulons déployer un réseau de capteurs pour couvrir tous les points de la zone d'intérêt à couvrir. Cela veut dire que si on prend n'importe quel point de la zone d'intérêt, ce dernier doit être couvert par au moins un nœud capteur. Ce type de couverture est utilisé généralement dans la majorité des applications, telles que la surveillance de forêts pour détecter d'éventuels incendies et la surveillance de champs de bataille. Pour établir une couverture de zone on doit déployer les nœuds soit de façon aléatoire ou déterministe et, pour cela, il faut répondre à la question suivante : quel est le nombre minimum de capteurs faut-il utiliser tout en garantissant un taux de couverture maximum sans oublier que les nœuds proches des stations de bases sont plus sollicités pour la transmission des données que d'autres nœuds relativement loin donc, il faut déployer plus des nœuds dans des régions proches des stations de base.

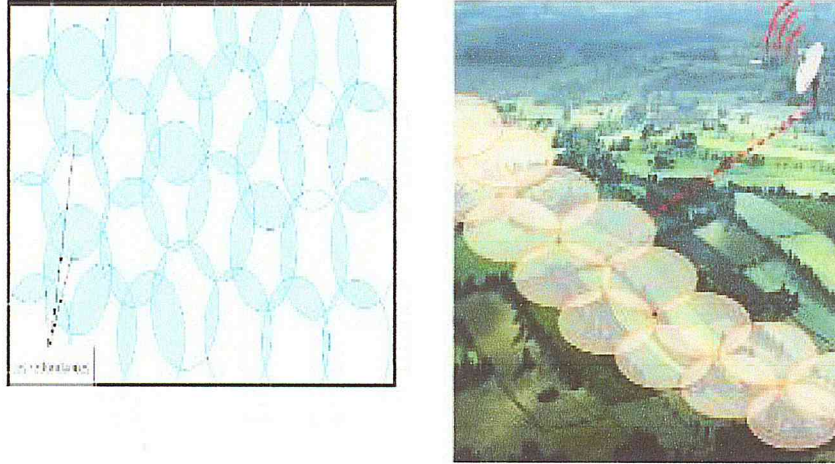


Figure 8 : Couverture de zone d'intérêt (Benazzouz, 2013)

3.2.2 Connectivité (Kabou, 2010)

Un réseau de capteur est dit connecté si et seulement s'il existe au moins une route entre chaque paire de nœud. La connectivité dépend essentiellement de l'existence des routes. Elle est affecté par les changements de topologie dus à la mobilité, la défaillance des nœuds, les attaques, etc....Ce qui a pour conséquence : la perte des liens de communication, l'isolement des nœuds, le partitionnement du réseau,...etc. Bien comprendre la connectivité d'un réseau permet d'adapter les mécanismes de communication afin d'assurer le bon fonctionnement des applications. Ainsi, la découverte du voisinage d'un nœud capteur est un élément important. Dans leur activité périodique, les pertes de connectivité sont principalement dues à la mobilité des nœuds et aussi aux mécanismes liés à l'économie d'énergie. La densité élevée des nœuds dans les réseaux de capteur les empêchent d'être complètement isolés les uns des autres. Par conséquent, il est exigent que les nœuds de capteurs soient fortement connectés. On peut considérer un réseau de capteurs sans fil de communication à saut multiple, où tous les nœuds coopèrent dans le but d'assurer des communications entre chacun.

4. Les pannes dans le RCSF

4.1 Definition (Hadj Adda, 2014)

Une panne du système se produit lorsque son comportement devient inconsistant et ne fournit pas le résultat voulu. La panne est une conséquence d'une ou plusieurs erreurs où

Chapitre I: Etat de l'art sur les Réseaux de Capteurs Sans Fil

une erreur représente un état invalide du système dû à une faute (défaut). La faute est donc la première cause de l'erreur, cette dernière provoque la faille du système .

4.2. Les causes de panne (Challal, 2016)

Généralement ,pour les réseaux de capteurs ils existes trois principales causes:

- **Energie** : l'épuisement de la batterie cause l'arrêt du capteur. La consommation d'énergie est très importante pour déterminer la durée de vie d'un noud capteur, et donc de tout le réseau.
- **Sécurité** : la destruction physique accidentelle ou intentionnelle pas un ennemi peut être une cause de panne. L'absence de sécurité dans les réseaux de capteurs augmente le risque des pannes de ce type.
- **Transmission** : la nature vulnérable de transmission radio, la présence d'obstacles dans les environnements hostiles ainsi que les interférences électriques peuvent être la source d'une faute lors du transfert de données.

4.3. Classification des pannes (Challal, 2016)

La classification des pannes est faite selon différents critères. Le schéma suivant montre une classification générale selon la durée, la cause ou le comportement d'une panne :

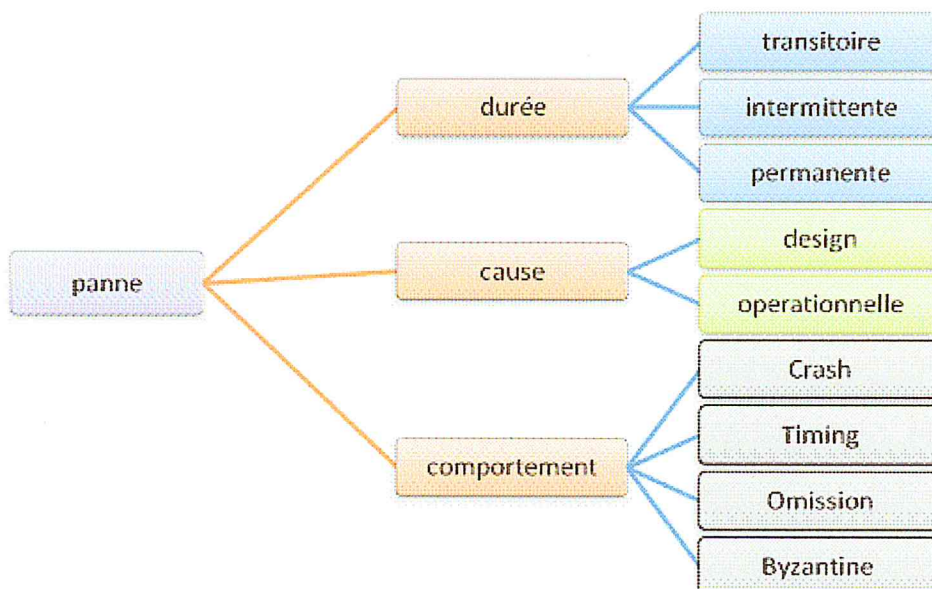


Figure 9:Classification des pannes (Challal, 2016).

4.3.1. Pannes selon durée (Challal, 2016)

Basée sur sa durée, la panne peut être classifiée en :

- **Transitoire** : conséquence d'un impact environnemental temporaire, elle peut éventuellement disparaître sans aucune intervention. La radiation cosmique est un exemple de panne transitoire.
- **Intermittente** : variante de la panne transitoire, elle se produit occasionnellement et de façon imprévisible. Elle est généralement due à l'instabilité de certaines caractéristiques matérielles ou à l'exécution du programme dans un espace particulier de l'environnement.
- **Permanente** : continue et stable dans le temps, la panne permanente persiste tant qu'il n'y a pas d'intervention externe pour l'éliminer. Un changement physique dans un composant provoque une panne matérielle permanente.

4.3.2 Pannes selon la cause (Challal, 2016)

On distingue deux types de pannes selon leur cause :

- **Panne de design** : due à une mauvaise structuration du réseau ou du composant en particulier. En pratique, ce genre de panne ne devrait pas exister grâce aux tests et simulations avant la réalisation finale du réseau.
- **Panne opérationnelle** : qui se produit durant le fonctionnement du système.

4.3.3 Pannes selon le comportement résultant (Challal, 2016)

Après l'occurrence d'une panne, on distingue quatre différents comportements possibles du composant concerné :

- **Panne accidentelle (Crash)** : le composant soit, s'arrête complètement de fonctionner ou bien continue mais sans retourner à un état stable (valide).
- **Panne d'omission** : le composant n'est plus capable d'améliorer son service (échec total).
- **Panne de synchronisation (Timing)** : le composant effectue son traitement mais fournit le résultat en retard.
- **Panne Byzantine** : cette panne est de nature arbitraire, le comportement du composant est donc imprévisible. Du à des attaques très malicieuses, ce type de pannes est considéré le plus difficile à gérer.

4.4 Formule pour la probabilité de panne (Benahmed Daho, 2013)

La propriété de tolérance aux pannes est définie par l'habilité du réseau à maintenir ses fonctionnalités sans interruptions provoquées par la panne des capteurs. Elle vise donc à minimiser l'influence de ces pannes sur la tâche globale du réseau. Cette propriété $R(t)$ est modélisée par une distribution de poisson où $R(t)$ donne la probabilité de ne pas avoir une panne pour un noeud capteur pendant l'intervalle de temps $[0,t]$.

$$R(t) = \exp(-\lambda k t)$$

Où λ est le taux de pannes du noeud capteur k , et t est la période de temps.

4.5 L'influence de la panne sur la couverture et la connectivite (kabou, 2010)

Les pannes influentes sur la qualité de service fournie par le réseau, ils causent généralement un manque de couverture ou de connectivité ou une mauvaise qualité de transmission des données.

A cause de déploiement aléatoire des nœuds, il existe des nœuds critiques influents sur la connectivité du réseau lorsqu'elles tombent en panne, par conséquent impossibilité de trouver une route.

5. La détection de la panne et la redondance

5.1 Les modes de détection d'une panne dans le réseau de capteur sans fil (Boukhiar, 2016)

Il existe plusieurs techniques de détection de pannes sont généralement classifiées en deux catégories : en ligne et autonome (offline). La détection offline est souvent réalisée à l'aide de programmes de diagnostic qui s'exécutent quand le système est inactif. La détection en ligne vise l'identification de pannes en temps réel et est effectuée simultanément avec l'activité du système. Les formes les plus courantes de détection d'erreur sont : les duplications et les comparaisons, les contrôles temporels, et les contrôles de vraisemblance.

La méthode de duplication et comparaison

Utilise au moins deux unités redondantes qui doivent être indépendantes vis-à-vis des fautes que l'on souhaite tolérer : typiquement, redondance des composants matériels pour les fautes physiques, et diversification pour des fautes de conception.

Le contrôle temporel

Est typiquement utilisé pour détecter la défaillance d'un périphérique en vérifiant que son temps de réponse ne dépasse pas une valeur-seuil, ou pour surveiller périodiquement l'activité d'une unité centrale.

Le contrôle de vraisemblance

Cherche à détecter des erreurs en valeur aberrantes pour le système. Il peut être mis en œuvre soit par du matériel pour détecter par exemple des adresses mémoires erronées, soit par du logiciel pour vérifier la conformité des entrées, des sorties ou des variables internes du système par rapport à des invariants.

5.2 Les arcs non couverts (Fletche & Greg, 2010)

Identification du trou de détection local

Un capteur actif S apprend les positions des voisins actifs par des messages périodiques "BONJOUR". Grâce au calcul local, il identifie les arcs sur son périmètre de portée de détection qui ne sont couverts par aucun voisin actif. Tout arc découvert qui est supérieur ou égal au degré $\pi / 2$ sera divisé de façon égale en deux. La division d'arc est effectuée, au plus 3 fois dans le pire des cas, que l'arc initial ait un degré de 2π , jusqu'à ce que tous les arcs non couverts aient un degré inférieur à $\pi / 2$.

Enfin, chaque arc non couvert implique un trou de détection adjacent. S considérera que le nombre $N_h(S)$ de trous adjacents est égal au nombre $N_a(S)$ d'arcs non couverts. En réalité, $N_h(S)$ peut être inférieur à $N_a(S)$ (même sans division intentionnelle de l'arc) car deux trous locaux font peut-être partie du même gros trou. Cette inexactitude est inévitable dans un algorithme localisé.

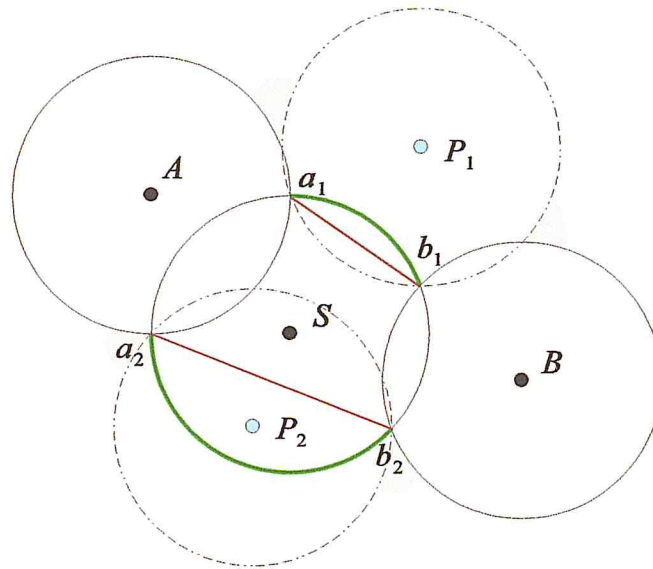


Figure 10: Identification du trou de détection locale. (Fletche & Greg, 2010)

Pour un trou local défini par un arc non couvert, sa position (c'est-à-dire le centre) est définie comme la position symétrique à la position de S par la corde de l'arc. Par exemple, sur la figure 9, S a deux arcs non couverts a_1b_1 et a_2b_2 (épais) sur son périmètre de portée de détection; il décide qu'il y a deux trous respectivement aux positions P_1 et P_2 . L'intuition est que, si un capteur additionnel S' est placé là, le trou sera exactement rempli avec une plage de détection minimum se chevauchant entre S et S' .

5.3 Problème de la redondance (Diane, 2014)

La redondance est l'ajout de ressources supplémentaires qui peuvent produire des résultats similaires. La redondance signifie donc 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. Elle implique la réplication des ressources dans la surface de couverture du réseau.

5.4 Problème de redondance dans les arcs non couverts (Fletcher, Greg, & Al, 2010)

L'avantage de cette méthode est la détection de la panne par plusieurs capteurs mais Le problème de cette méthode est l'envoi de plusieurs messages par la même panne. Dans les réseaux de capteurs sans fil (WSN), les nœuds stochastique chute et défaillance de nœud

imprévisible affectent grandement la couverture, créer des trous de détection alors que des capteurs localement redondants existent.

6. L'agrégation et la transmission des messages de pannes

6.1 Motivation d'utilisation de protocoles de routage

Parmi les motivations qui nous aident pour choisir le protocole de routage est la transmission de données par les capteurs vers la destination ou la station de base se fait par un schéma de routage à un seul saut ou à multi-sauts. Par exemple, dans un réseau plat le schéma de routage se fait de nœud en nœud jusqu'à l'arrivée à la station de base. Cependant, dans les protocoles de routage hiérarchiques à l'instar de LEACH les clusterheads communiquent directement l'information à la station de base. (Imane & Sidi Mohamed, 2016) Et Pour le traitement de panne, il existe plusieurs solutions comme R3S2, (Fletche & Greg, 2010) où les rapports de pannes, seront transmis vers un destinataire bien précis, les protocoles utilisés pour la transmission multi-saut sont généralement des protocoles géographiques.

6.2 La transmission et le routage des messages de panne

Les protocoles de routage permettent de choisir les meilleurs chemins pour acheminer la donnée depuis la source vers l'utilisateur final. Par ailleurs, ils permettent de sélectionner un chemin de remplacement en cas d'échec d'envoi sur la route initiale, à cause d'une panne au niveau d'un ou plusieurs nœuds de cette route. (Challal, 2016)

L'acheminement ou le routage d'un message par un nœud est essentiellement basé sur la position de ses voisins immédiats et la position du nœud destinataire. Dans un protocole de routage géographique, un nœud est supposé aussi connaître sa position géographique en utilisant les données GPS. Les positions des voisins sont généralement connues puisque chaque nœud envoie périodiquement sa position à ses voisins immédiats. En d'autres termes, la connaissance du voisinage est périodiquement mise à jour à l'aide de messages échangés entre les nœuds voisins. (Bakhouya & Nait-Sidi-Moh, 2009)

6.3 Le routage géographique (Benabdallah, 2017)

L'idée des protocoles de routage géographique est d'utiliser des informations géographiques pour acheminer les paquets. Pour simplifier la présentation, nous supposons que tous les nœuds connaissent leur position et que ceux-ci connaissent

également la position de tous les autres nœuds du réseau. Avec ces hypothèses, il est facile de concevoir qu'un nœud peut facilement choisir parmi ses voisins un relais pour acheminer un paquet dont il connaît la destination finale et donc aussi sa position. Il est très simple d'envisager des critères de sélection parmi ces voisins, donnons quelques exemples parmi les heuristiques les plus classiques.

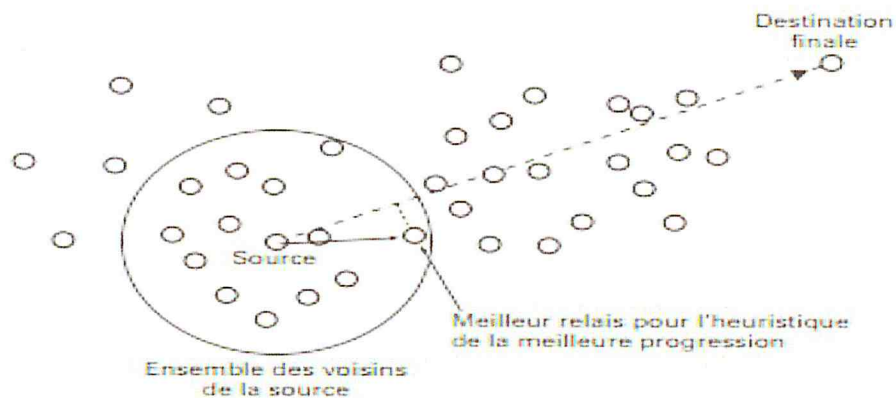


Figure11 : Routage géographique (Benabdallah, 2017)

6.4 Classification

Dans cette partie il existe plusieurs types de classification dans différent mémoire et après notre recherche nous avons choisi cette classification, qui se base sur deux types de classifications, les protocoles hiérarchiques et les protocoles à plat :

6.4.1 Les protocoles hiérarchiques (Boubiche, 2013)

Le routage hiérarchique est considéré comme étant l'approche la plus favorable en termes d'efficacité énergétique. Il se base sur le concept « nœud standard – nœud maître » où les nœuds standards acheminent leurs messages à leur maître, lequel les achemine ensuite dans le réseau tout entier via d'autres nœuds maîtres jusqu'à la station de base (sink). Le point fort de ce type de protocoles est l'agrégation et la fusion des données afin de diminuer le nombre de messages transmis au sink, ce qui implique une meilleure économie d'énergie.

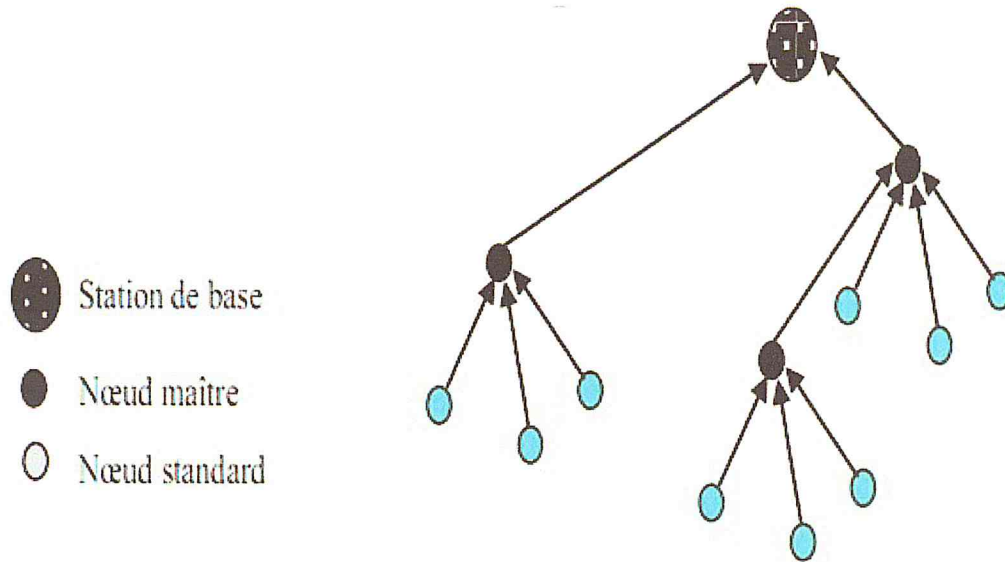


Figure 12 : Le routage hiérarchique (Boubiche, 2013)

LEACH (Khelifa, 2007)

Leach (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy) est un protocole de routage destiné aux réseaux de capteurs. Son principal avantage est de minimiser la consommation énergétique des éléments du réseau. Le protocole LEACH est un protocole hiérarchique, car le réseau est divisé en clusters, et chaque cluster possède un nœud "maître", le nœud maître est en charge de la gestion de son cluster. Il est élu périodiquement parmi les nœuds formant le cluster en fonction de l'état de sa batterie.

Un message qui est émis par un nœud au sein d'un cluster est ensuite routé par le nœud maître vers la passerelle du réseau de capteur. Si on considère que la distance entre le nœud maître et un nœud du cluster est faible, la puissance nécessaire à l'envoi d'un paquet entre eux est aussi faible qu'une communication directe entre un nœud et la passerelle. Le protocole LEACH permet ainsi en structurant le réseau de manière hiérarchique de proposer un protocole qui économise l'énergie d'un capteur désirant émettre un paquet.

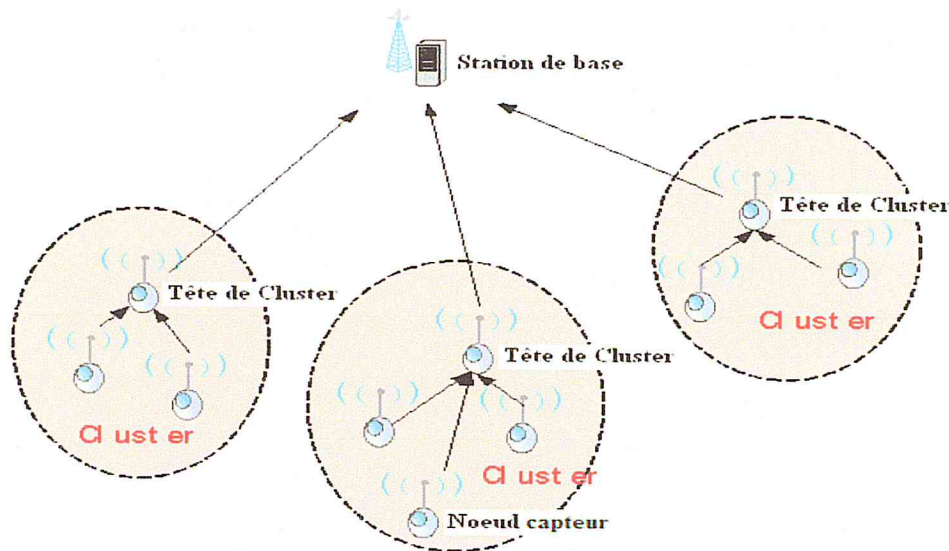


Figure 13: Modèle de cluster, utilisé par le protocole LEACH (khelifa, 2007)

6.4.2 Les protocoles de routage à plat (Abdelhalim & Belouatek, 2013)

Ces protocoles de routage sont des protocoles non hiérarchiques dans lesquels les nœuds jouent le même rôle et ont la même tâche. L'acheminement des paquets de la part d'un nœud dépend de sa position dans le réseau. Nous présentons dans ce qui suit un exemple de protocole de routage à plat :

SPIN (Diery, 2017)

SPIN est l'un des premiers protocoles de routage basé sur une négociation qui a été proposé par Heinzelman et al. Le principal but de ce protocole est de résoudre le problème d'inondation causée généralement à la duplication inutile des réceptions d'une même donnée et à la redondance de couverture liée au déploiement dense des capteurs. En effet, en utilisant l'inondation, les capteurs qui ont des zones de couverture qui se chevauchent vont émettre des mesures similaires ou presque identiques. Ce phénomène cause généralement des dépenses inutiles d'énergie durant les phases de TX/RX et affecte grandement les performances du réseau surtout la durée de vie de ce dernier. Afin de résoudre de tels problèmes, SPIN adopte les deux principes : la négociation et L'adaptation aux ressources.

La négociation permet aux nœuds capteurs d'éviter le problème d'implosion. Pour ce faire, chaque émission d'une information donnée est précédée par la description de cette dernière

en utilisant le concept de méta donnée. Ainsi, le récepteur pourra accepter ou non la donnée envoyée en se basant sur sa description.

L'adaptation aux ressources permet aux nœuds capteurs de contrôler leurs niveaux d'énergie continuellement. Ainsi, le protocole peut adapter l'état de chaque nœud capteur (TX, RX, ou sleep) en fonction de son énergie résiduelle. Cependant, SPIN a comme inconvénient majeur d'être un protocole non évolutif.

6.5 GPSR (Greedy Perimeter Stateless Routing) (Benabdallah, 2017)

La topologie a un caractère relativement provisoire dû à la mobilité des nœuds dans les réseaux Ad-hoc et de capteurs mobiles. Pour cette raison, les protocoles de routage les plus étudiés pour ce type de réseaux sont les protocoles de routage géographique car ils permettent d'éviter la surcharge d'informations échangées entre les nœuds qui cherchent à obtenir la topologie du réseau ou à construire les tables de routage. Ce protocole de routage géographique se base sur le fait que tous les nœuds connaissent leur position, par exemple, grâce à un équipement GPS (Global Positioning System) ou encore par un système de positionnement distribué.

6.5.1 Principe de gpsr (Dkhil, 2009)

GPSR (Greedy Perimeter Stateless Routing) est un protocole de routage réactif et efficace qui a été conçu et adapté pour les réseaux ad hoc mobiles et les réseaux de capteurs. Son modèle de fonctionnement suppose que tous les nœuds se trouvent au niveau d'un même plan. Du fait de la mobilité des nœuds, certains algorithmes de routage qui se basent sur la topologie du réseau, ou lance une phase de découverte de routes pour acheminer des données ne sont pas adaptés à GPSR. De ce fait, il utilise la position géographique des nœuds pour l'acheminement des paquets de données ou de contrôle.

Dans un réseau mobile, les nœuds sont susceptibles de se déplacer. Il faut ainsi un mécanisme permettant à chaque nœud de savoir la position de ses voisins. Afin de signaler leur présence et leur localisation, les nœuds inondent le réseau en envoyant un paquet de signalement (messages « beacon») contenant la position et un identifiant (par exemple, son adresse IP). Nous proposons d'utiliser les messages « beacon » de contrôle pour renseigner les nœuds voisins sur les directions que peuvent assumer un nœud. L'échange périodique de ces paquets de contrôle permet aux nœuds de construire leur table de position. La période d'émission des messages « beacon » dépend du taux de mobilité dans le réseau

ainsi que de la portée radio des nœuds. En effet, lorsqu'un nœud ne reçoit pas de message « beacon » d'un voisin après un temps T , il considère que le voisin en question n'est plus dans sa zone de couverture et l'efface de sa table de position. Il faut donc adapter le temps d'émission des paquets de contrôle.

Un des avantages du BP (Beaconing Protocol) est que chaque nœud n'a besoin que des informations sur ses voisins directs, ce qui nécessite peu de mémoire. Alternativement, le protocole GPSR permet au nœud d'encapsuler sur quelques bits leur position dans les paquets de données qu'il envoie. Dans ce cas, toutes les interfaces des nœuds doivent être en mode promiscuité afin de recevoir les paquets s'ils se trouvent dans la zone de couverture de l'émetteur. L'acheminement des paquets par GPSR se fait selon deux modes suivant la densité du réseau : le « Greedy Forwarding » et le « Perimeter Forwarding » (appelés respectivement GF et PF dans la suite).

7 Agrégation des données

7.1 Définition (Hamou & Harkati, 2013)

L'agrégation de données est la combinaison des données de différentes sources, et peuvent être mises en application d'un certain nombre de manières, et une des techniques permettant de réduire la quantité de données transférées et, qui permet de réduire la charge de trafic acheminé dans les réseaux. Agrégation des données en général comprend la fusion des données de multiples capteurs à des nœuds intermédiaires et de transmettre des données agrégées à la station de base.

7.2 L'agrégation des données et les protocoles de routages

Les données collectées dans les capteurs sont dérivées de phénomènes communs, de sorte que les nœuds situés dans une zone proche partagent généralement des informations similaires. Un moyen de réduire la consommation d'énergie est l'agrégation de données. L'agrégation consiste à supprimer la redondance dans différents messages de données. Lorsque la suppression est obtenue par certaines techniques de traitement de signal, cette opération est appelée fusion de données.

7.3 La relation entre l'agrégation et le routage des données On peut classer les différentes techniques d'agrégation de données dans les réseaux de capteurs en deux approches, comme illustré par la figure 14 (Benahmed Daho, 2013)

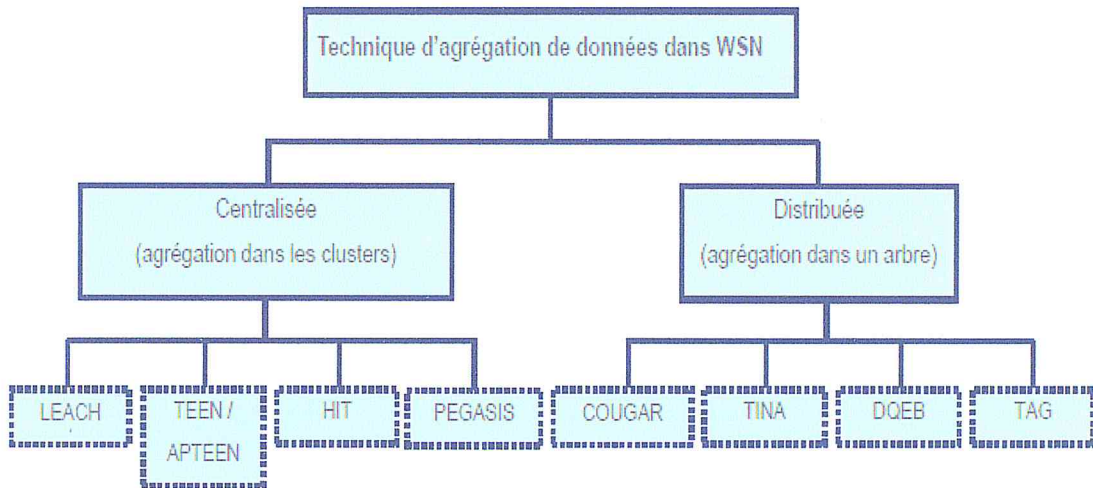


Figure 14: Protocoles d'agrégation de données dans les RCSF (Benahmed Daho, 2013)

LEACH (Benahmed Daho, 2013)

LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy) est un protocole de routage hiérarchique, employant un procédé de clustering qui divise le réseau en deux niveaux : les cluster-heads et les nœuds membres. Le protocole se déroule en rounds. Chaque round se compose de deux phases : construction et communication.

TEEN (Challal Y. , 2008)

Threshold sensitive Energy Efficient sensor Network protocol (TEEN)

- Applications critiques au temps
- Hiérarchique et orienté données
- Regroupement hiérarchique: Les nœuds proches forment un cluster et ce processus continu au second niveau jusqu'à ce que le sink est atteint
- Les chefs de cluster diffus:
 - Hard Threshold
 - Soft Threshold

- Pas bon pour les applications qui nécessitent des rapports périodiques

COUGAR (Amel, 2013)

Dans Cougar, les données produites par le réseau de capteurs sont modélisées comme une table relationnelle. Dans cette table, chacun des attributs représente soit des informations sur le capteur ou bien des données produites par ce capteur. L'approche Cougar fournit une agrégation partielle au niveau des capteurs. Chaque capteur maintient une liste d'attente contenant les capteurs fils qui doivent lui envoyer les paquets. Le capteur n'émet le paquet agrégé au prochain saut que s'il a reçu les paquets de tous les capteurs de la liste d'attente. Cependant, un capteur peut devenir inaccessible à cause du mouvement ou d'un problème de batterie. Pour cela, Cougar utilise un Timer afin d'éviter une attente indéfinie.

7.4 Mécanismes d'agrégation de données (Bouneqta, 2010)

L'agrégation de données est l'une des principales notions dans les RCSF. Elle permet aux nœuds intermédiaires de rassembler des données venant des nœuds sources au fur et à mesure de leur acheminement au nœud puits, et ensuite, à les agréger en une seule donnée pour la transmettre à l'utilisateur final. Ceci permet d'éliminer les redondances et de réduire le taux de transmissions dans le réseau, de prolonger sa durée de vie.

La forme la plus simple que peut prendre une fonction d'agrégation est la suppression des messages dupliques. Mais elle peut également être une fonction min ou max ou n'importe quelle fonction à plusieurs entrées.

Cependant, des attaques dangereuses peuvent provoquer un faux résultat d'agrégation. On peut en distinguer deux types :

- Le premier type permet aux nœuds capteurs malicieux d'injecter de fausses données,
- Le second, il peut être cause par les nœuds intermédiaires qui agrègent les données en modifiant le résultat de l'agrégation

Chapitre I: Etat de l'art sur les Réseaux de Capteurs Sans Fil

8 Conclusion :

Au cours de ce chapitre, nous allons aborder la partie état de l'art on définit les différents concepts de base de réseau de capteur sans fil, et nous allons détailler dans le chapitre suivant la conception de notre solution.

Chapitre II :

Conception

1. Introduction

L'avantage de la redondance pour la méthode des arcs non couverts est assuré la détection des pannes mais cet avantage peut avoir des mauvaises conséquences, si tous les capteurs détecteurs envoient un message de panne vers une destination pour lancer le processus du traitement.

L'objectif de ce travail est d'intégrer un mécanisme d'agrégation lors de transmission (le routage) de ces message de panne afin de minimiser le nombre des messages génères pour chaque panne et conserver leurs messages.

Dans ce chapitre, nous proposons un algorithme pour assurer la minimisation de la redondance.

2. Le processus de détection et de transmission

Si on considère l'événement qui nous intéresse dans les réseaux de capteur sans fil est l'apparition d'une panne, les capteurs détectent cet événement utilisant la méthode des arcs non couverts. Après la détection de la panne, Chaque capteur adjacent d'une panne calcule les arcs non couverts et estime une position virtuelle pour la panne. Les capteurs transmettent leurs rapports de panne vers le SINK(c'est le nœud qui reçoit tout les messages des réseaux de capteur).

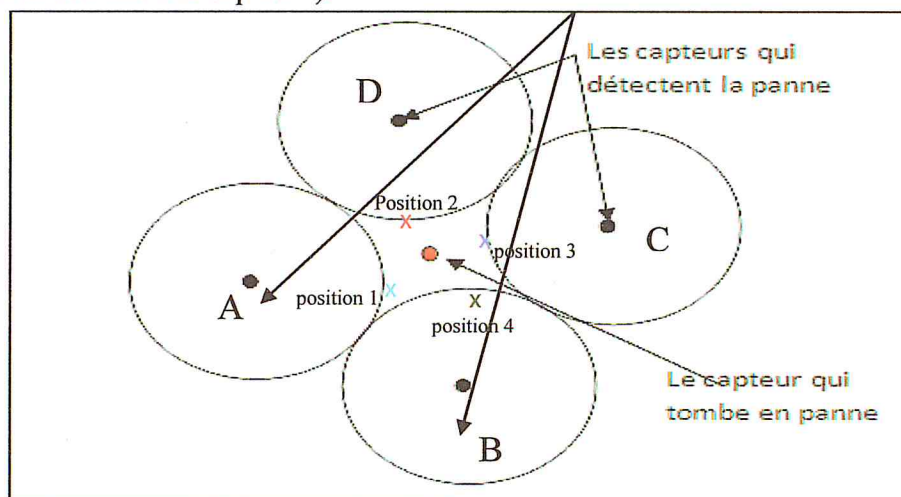


Figure 15 : la détection d'une panne.

La figure 15 représente un exemple de détection d'une panne. Les capteurs A, B, C, D détectent la panne et respectivement les positions 1, 2, 3, 4 pour la même panne.

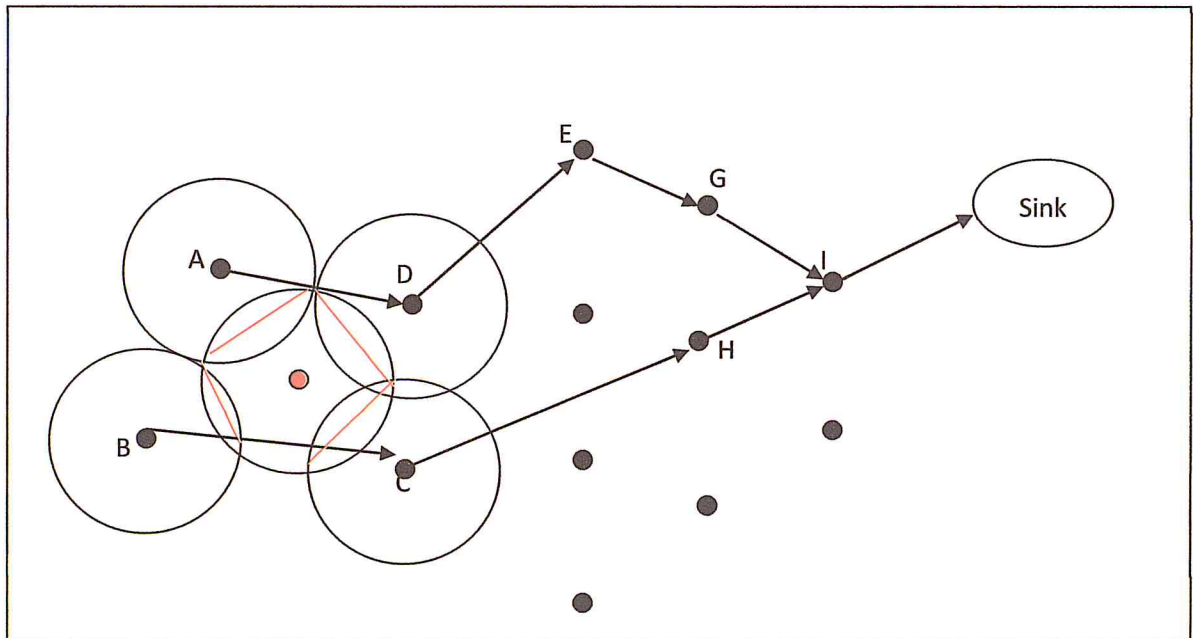


Figure 16 : la transmission des rapports de panne.

La figure 16 représente les capteurs détecteurs transmettent les messages de panne vers le sink où on remarque que :

A, B, C, D est un ensemble des capteurs qui détecte la panne et un autre ensemble des capteurs qui fait le relai (qui route le message de panne jusqu'à le sink), c'est le cas de C, D, E, G, H, I.

On remarque aussi que l'ensemble de détection \cap l'ensemble de relai $\neq \phi = C, D$ C'est l'ensemble des nœuds qui fait le relai et la détection des messages de la même panne.

On remarque aussi que les capteurs E, G et H peut transmettre la même information 2 fois.

Le capteur I peut transmettre 4 messages.

Selon l'exemple on peut avoir le cas ou les messages de la même panne passent par le même nœud comme le cas des nœuds G, H passe par le même nœud I présenté dans la figure 16.

Dans notre solution on considère deux types de nœuds :

- Les nœuds détecteurs : ils détectent et calculent la position de la panne.
- Les nœuds de relai : ils transmettent les messages de panne vers les nœuds voisins jusqu'au sink, et ils font le relai entre les nœuds détecteurs et le sink.

Remarque 1

Sur l'ensemble de message génère pour la même panne

A détecte la panne et le lien de transmission est : A-> D->E->G->I->SINK

B détecte la panne et le lien de transmission est : B->C->H->I->SINK

C détecte la panne et le lien de transmission est : C->H->I->SINK

D détecte la panne et le lien de transmission est : D->E->G->I->SINK

Le nombre des messages gérés pour cette panne est : 16 messages.

On remarque que les nœuds E, I, et C transmettent au mois 2 fois la même information et I transmet 4 fois la même information.

Remarque 2

L'ensemble des nœuds participant a la détection et a la transmission.

Detection: A, B, C, D.

Transmission: C, D, E, G, H, I.

Transmission et détection : détection D, transmission : C, D.

On peut classer les nœuds on 3 catégories :

Les nœuds qui détectent la panne.

Les nœuds qui font le relai.

Les nœuds qui détecte et font le relai.

La question qui se pose dans quel type de nœud on peut appliquer l'agrégation ?

Dans notre solution et pour une première tentative on applique notre solution au nœud de relai (lors de la retransmission des messages).après de recevoir le message de panne qui

envoyé par les nœuds détecteur, les nœuds de relais appliquent l'agrégation pour la minimisation des messages transmettent par la même panne.

Les nœuds détecteur envoient un message de panne avec leur position de panne vers les nœuds qui fait les relais, en suite on doit vérifier si le message déjà transmit, c'est le cas on doit bloquer la transmission sinon on continue. Cette solution doit besoin d'un algorithme qui fait la vérification.

3. Description de notre solution

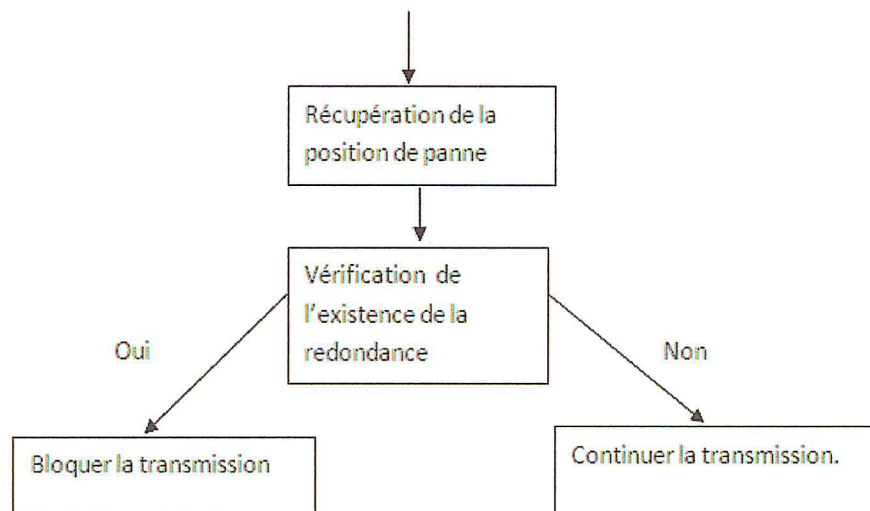


Figure 17 : l'algorithme général de notre solution

Remarque : l'entrer de l'algorithme c'est le message de panne envoyé par les nœuds détecteur.

3.1 Récupération de la position de panne

La panne :

Une panne est la défaillance d'un nœud qui a une position bien précise dans notre solution, on considère que la position est sur un plant de 2D, lors une pane possède une solution (x, y) .

Proposition 1

- Deux pannes sont identiques s'ils ont la même position
- Un autre paramètre (attribut) est important ensemble de la vérification est le moment de l'apparition de la panne

Proposition 2

Deux pannes sont identiques s'ils ont la même position et ils apparaissent au même moment.

3.2 La vérification de la redondance

Chaque nœud lorsque il retransmet le message et précisément dans la couche réseaux doit vérifier le message et décide s'il retransmet le message ou pas, mais quel critère il peut vérifier la redondance ? Et sur quel et comment il procédé pour vérifier ?

3.2.1 La structure utilisé

Dans cette section on présente les structures de données utilisées et manipuler pour faire la vérification.

Dans première tempe nous avons proposé d'utiliser une liste pour l'enregistrement des positions de pannes reçus par les capteurs détecteur, cette structure de donnée utilisée par tous les nœuds qui fait le relai dans ce type des nœud on applique la mécanisme d'agrégation.

Mais dans ce cas on trouve des difficultés pour les messages transmettent (de cette nouvel panne) seront toujours pénalisés (non transmis) à cause de l'existence de cette panne dans la liste des panne.

Pour ce la on ajoute au liste des panne proposé un temps pour connaitre la durée de vie de chaque panne dans cette structure de donnée. La liste des panne doit être mis a jour après certaine période afin d'éviter cette situation

3.2.2 Les critères de vérification

Seuil de la distance minimale entre les pannes enregistrer et la nouvelle panne envoyé: c'est une constant utiliser Pour savoir si la position envoyé est existe dans la liste des panne ou non

La formule qui vérifie ce critère est :

Distance (position1, position2) < seuil au moment de détection de la panne

Temps de détection : c'est le temps enregistré dans la table des pannes.

Temps de simulation : si le temps qui afficher avec la nouvelle panne.

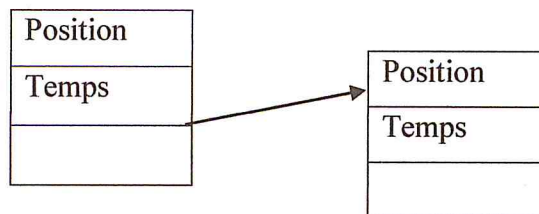
Seuil de temps entre le temps de détection et le temps de simulation: c'est une constant utiliser Pour savoir si la position envoyé est une nouvelle panne ou non.

La formule qui vérifie ce critère est :

$(\text{Distance} (\text{temps de détection} - \text{temps de panne dans la liste}) > \text{Seuil de temps})$

3.2.3 La liste de pannes

Chaque nœud de relai possède nécessairement une liste des panne qui permette la vérification si le nœud a déjà transmis les informations ou pas.



3.2.4 Description

Pour chaque position dans la liste des pannes, En doit calculer la distance entre la position estimé et la position dans la liste des pannes.

Distance (position estimé, position dans la liste) {

Si (**Distance** et inferieur à **Seuil de la distance minimale**)//vérifie si la **Distance** est inferieur à **Seuil de la distance minimale** {

Alors si (**distance** (temps de simulation -temps de détection) est supérieur à **une seuil de temps**)//on doit vérifie si la distance entre le différence de temps retourner par la nouvelle panne et le temps de la panne dans la liste est supérieur à **une seuil de temps** {

MAJ le temps de détection//mettre à jour le temps de détection dans la table des pannes

Transmet le message//envoyé le message à l'autre voisin}}

Sinon {bloquer la transmission//le message doit bloquer}

}

}

Transmet le message//si non trouve pas la position dans la liste des pannes en doit envoyé le message.

Enregistrer dans la liste des pannes//si une nouvelle position de panne enregistrer avec le temps de simulation(le temps de détection dans la table)

3.2.5 L'algorithme

Pour chaque position existe dans la liste {

SI (Distance (position estimé, position dans la liste) < Seuil de la distance minimale)

//comparer la distance calculer entre là position envoyé et la position de la liste avec le Seuil de la distance minimale {

si (distance (temps de simulation -temps de détection) est supérieur à une seuil de temps)//pour vérifie si le temps entre le temps de détection et le temps de simulation est supérieur à une seuil de temps{

MAJ le temps de détection.//le temps de détection =le temps de simulation

Continue la transmission de message.//envoyé le message à leur voisin

}

Si non {Bloquer la transmission de message. / /Le message ne doit pas transmit}

}

}

Continue la transmission de message. //envoyé le message à leur voisin

Enregistrer la position de la panne//enregistrer la position dans la table des pannes

4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté notre solution de minimisation du nombre des messages transmis et réduire l'influence de la redondance sur les réseaux de capteur sans fil .ou on a présente les différente étapes de notre solution ainsi les critères de vérifications sur la redondance de message de panne. Dans le chapitre qui suit, nous présentons la simulation réalisées utilise le simulateur Omnet++.

Chapitre III :

Simulation

1. Introduction:

Dans le chapitre précédent, on a représenté notre solution de minimisation de la redondance, afin d'évaluer l'efficacité et les performances de la solution proposé on a choisie pour cette étape la simulation.

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 leur interaction. Elle met à la disposition de l'utilisateur un environnement d'expérimentation dont on peut faire varier les paramètres.

Dans notre travail, on a utilisé omnet++ pour implémenter et tester notre solution appliqué sur un exemple de transmission et de simulation d'une panne virtuelle, les résultats d'évaluation montrent une minimisation du nombre des messages reçu par le destinataire pour la même panne.

Dans ce chapitre nous présenterons, les outils d'implémentation, en suite l'environnement d'implémentation et à la fin les résultats de notre recherche.

2. Les outils d'implémentation

2.1. Omnet (Regbi, 2014)

Le simulateur OMNET++ est un simulateur à **évènements discrets** dans lequel les différents éléments du réseau communiquent par envoi de messages.

OMNET++ est un projet **open source** dont le développement a commencé en 1992 par Andras Vargas à l'université de Budapest. C'est une bibliothèque de simulation écrite en C++ pour construire des simulateurs de réseaux au sens large, c-à-d réseaux **filaires et sans fils**, mais également des réseaux internes aux machines (BUS de processeur par exemple). OMNET se distingue par son orientation objet et l'utilisation de modules hiérarchisés qui permet une grande flexibilité dans la création de nœuds complexes au sein du réseau. Il peut donc être utilisé pour :

- La modélisation des protocoles de communication
- La modélisation des réseaux filaires et sans fils
- La modélisation des systèmes répartis

- La modélisation de réseaux de files d'attente

-les architecteurs HardWare

En générale, il peut être utilisé pour n'importe quel systèmes à évènements discrets pouvant être modélise selon des entités communiquant par envoient de messages. OMNET++ est basé sur la plateforme Eclipse.il fournit des outils pour la création et la configuration des modèles de réseaux (les fichiers NED et INI) et des outils pour l'exécution d'un lot de programme ainsi que pour l'analyse des résultats de simulation.

- **La structure d'OMNET (Regbi, 2014)**

L'architecture d'OMNET++ est hiérarchique composé de modules. Un module peut être soit module simple ou bien un module composé. Les feuilles de cette architecture sont les modules simples qui représentent les classes C++. Pour chaque module simple correspond un fichier .cc et un fichier .h. Un module composé est composé de simples modules ou d'autres modules composés connectés entre eux. Les sous modules et les ports de chaque module sont spécifiés dans un fichier .ned.

La communication entre les différents modules se fait à travers les échanges de messages. Les messages peuvent représenter des paquets, des trames d'un réseau informatique, des clients dans une file d'attente ou bien d'autres types d'entités en attente d'un service. Les messages sont envoyés et reçus à travers des ports qui représentent les interfaces d'entrer et de sortie pour chaque module.

La conception d'un réseau se fait dans un fichier .ned et les différents paramètres de chaque module sont spécifiés dans un fichier de configuration (.ini). OMNET++ génère à la fin de chaque simulation deux nouveaux fichiers `omnet.vec` et `omnet.sca` qui permettent de tracer les courbes et calculer des statistiques.

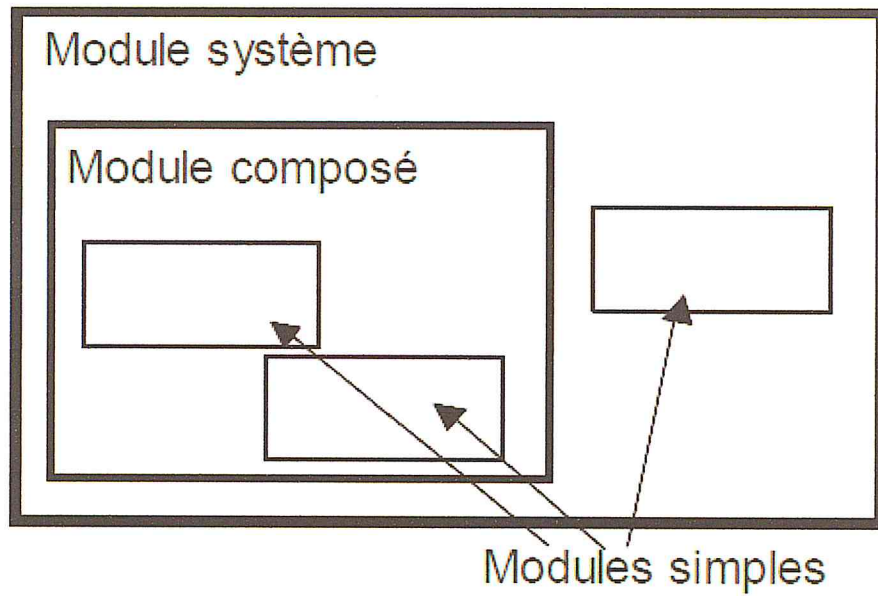


Figure 18: Architecture modulaire de l'OMNeT++. (Regbi, 2014)

- Avantages (Regbi, 2014)

L'avantage de OMNET ++ est sa facilité d'apprentissage, d'intégration de nouveaux modules et la modification de ceux déjà implémentés. Ainsi il n'est pas payant.

• Comparaison par rapport NS2

Simulateur	OMNET++	NS-2
Flexibilité	<p>OMNET++ est un simulateur flexible et générique, il peut simuler n'importe quel type de réseau</p> <p>Par exemple, il peut être utilisé pour simuler les files d'attente, les systèmes multiprocesseurs, les architectures de matérielles</p> <p>Plusieurs modèles sont utilisables pour les différents domaines (INET Fw, Mobility Fw, OverSim, NesCT, etc)</p>	<p>NS-2 a été conçu comme un(TCP/IP)simulateur de réseau, et il est difficile de simuler les choses autre que paquet-commutant les réseaux et les protocoles</p>
Mobilité	<p>OMNET++ fournit plusieurs modes de mobilités comme le random waypoint mobility model, le basic mobility model, etc</p>	<p>NS-2 ne fournit que le random waypoint mobility model et le Trajectory based mobility model, ce qui rend difficile de présenter une mobilité linéaire.</p>
La gestion de modèle	<p>Le OMNET++ noyau de simulation est une bibliothèque de classe, c'est-à-dire, les modèles dans OMNET++ sont indépendants du noyau de simulation</p> <p>Les chercheurs ont écrit leurs composants(les modules simples)contre noyau de simulation API de simulateur</p>	<p>Dans les NS-2, la limite entre le cœur de la simulation e les modèles sont barbouillés d'encre, sans un clair API</p>
Support pour Les Modèles Hiérarchiques	<p>La structure hiérarchique dans OMNET++ facilite la complexité des méthodes</p>	<p>Dans NS-2, les modèles sont plats, la création d'un sous réseau ou l'exécution d'un protocole complexe (composition de plusieurs unités indépendantes) n'est pas possible</p>

Table 1 : Comparaison entre les simulateurs. . (DKHIL, 2009)

Après une comparaison approfondie entre les deux simulateurs, nous constatons que NS2 ne peut pas supporter plusieurs nœuds dans la simulation ce qui dessert nos besoins d'implémentation. C'est pour cette raison que nous optons pour le simulateur OMNet++

- **Les protocoles intégrés**

Parmi les protocoles intégrés dans la plate forme Inet est GPSR qui est un protocole de routage géographique (présenté dans l'état de l'art); dans notre implémentation on a choisi ce protocole pour acheminement des paquets et la vérification des paquets (pannes) redondants.

Application	FTP, Telnet, générateur de trafic (IPTrfGen..), Ethernet, Ping App, UDPApp, TCPApp
Transport	TCP, UDP, RTP
Réseau	IPv4, IPv6, ARP, OSPF, LDP, MPLS, ICMP, TED...
Liaison	Mgmt, MAC, Radio
Node	Ad Hoc, Wireless, MPLS...

Tableau 2 : les composants d'Omnet. (Regbi, 2014)

3. L'environnement d'implémentation

3.1 Les plates formes utilisées (DKHIL, 2009)

INET est une librairie open source pour la simulation des réseaux informatiques dans l'environnement OMNeT++. Elle contient IPv4, IPv6, TCP, UDP, des protocoles implémentés, et plusieurs modèles d'application. Elle comprend également un modèle avec MPLS RSVP-TE et de signalisation LDP. La couche liaison est des modèles de PPP, Ethernet et 802.11. Le routage statique peut être configuré à l'aide du réseau auto configurateur, ou on peut utiliser le protocole de routage mise en œuvre. INET prend en charge les simulations des réseaux sans fil et mobiles, ainsi les réseaux ad-hoc. Récemment les modèles MPLS, RSVP-TE et LDP sont révisés et réécrit, sans oublier le routage dynamique (RIP et OSPFv2).

3.2. La zone de déploiement

Nous utilisons une zone de 2 dimensions :

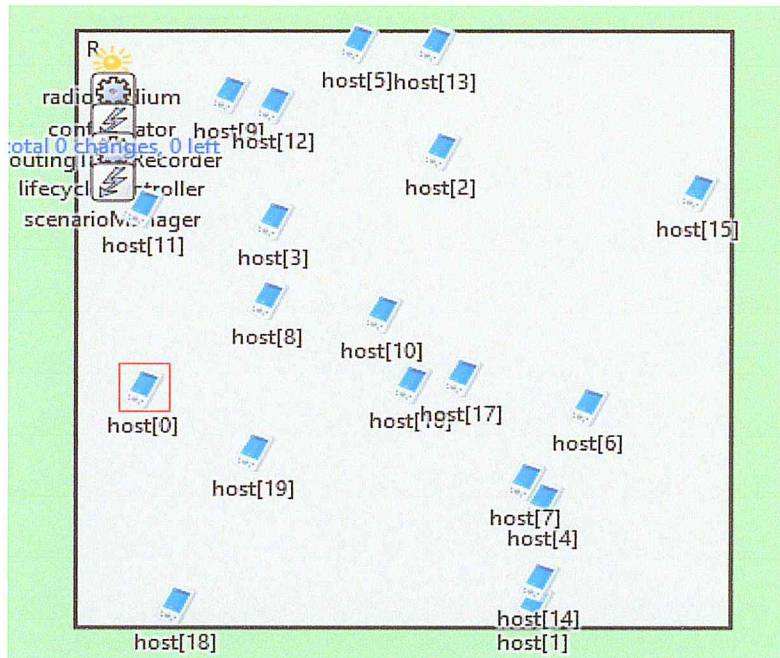


Figure 19:La zone de déploiement

3.3.les composant de fichier omnet

Le fichier omnet.ini (initialisation des paramètres d'environnement)

- **La taille de la zone**

On utilise un environnement de travail de taille (1000m ; 1000m)

- **Le nombre des nœuds**

On utilise 20 nœuds dans notre travail

3.4. Type du nœud utilisé

On utilise des nœuds de type gprs

4. L'architecture du nœud utilisé

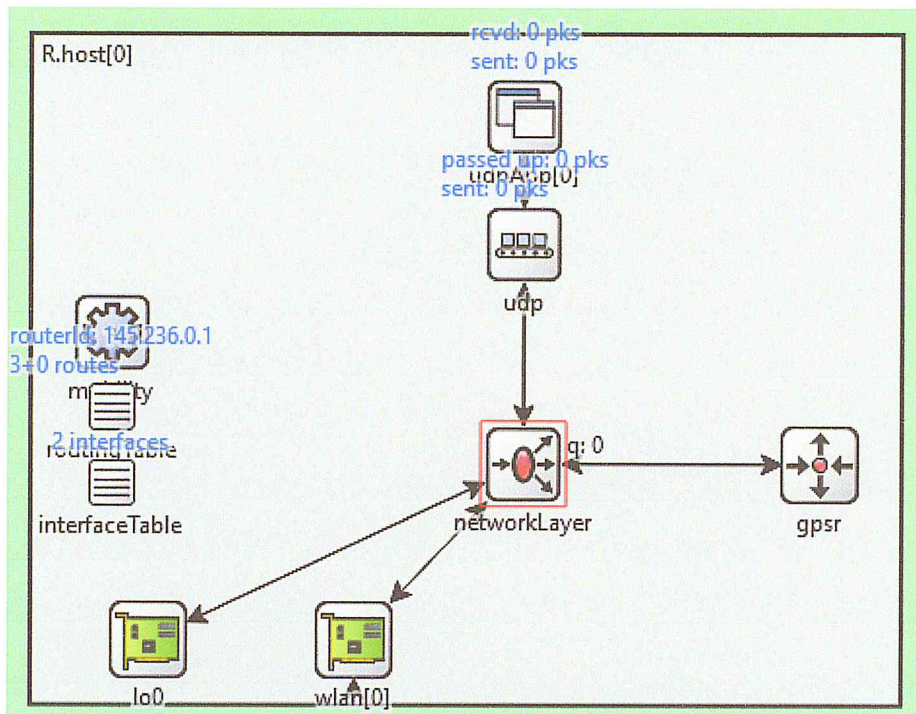


Figure 20: L'architecture du nœud utilisé.

5. Scenario

5.1. Scénario numéro 01 le cas de redondance

On suppose l'apparition d'une panne qui sera détecté par les nœuds 0, 11, 19. Pour chaque capture temps en panne, les capteurs qui détecte la panne calculer la position de panne. les position estimer envoyer à partir d'un message de panne à les capteurs qui fait le relai jusqu'a recevoir par le SINK (host [1]).

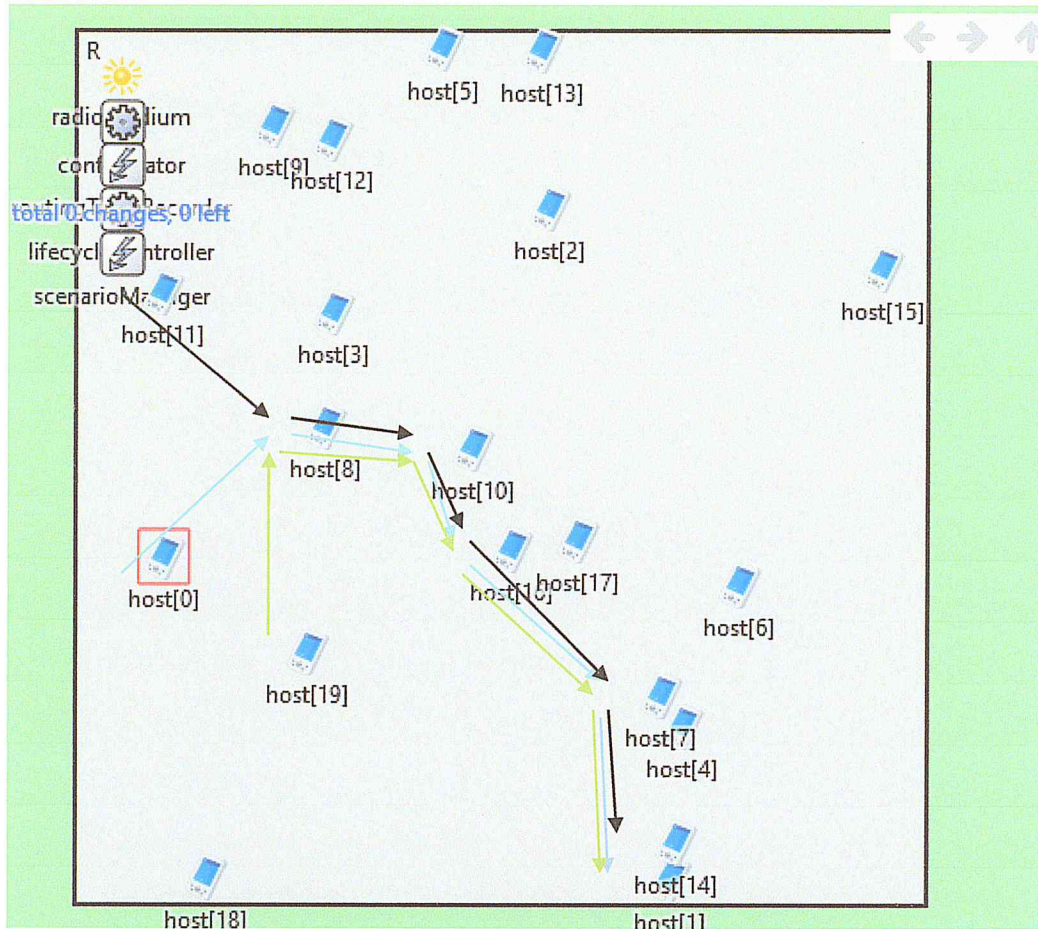


Figure 21: La détection de panne dans le cas de redondance.

Le résultat : le nombre de messages recevoir par le sink est 26 messages.

5.2. Scénario numéro 02 le cas de minimisation de la redondance

Pour chaque capture temps en panne, les capteurs qui détecte la panne calculer la position de panne.les position estimer envoyer à partir d'un message de panne à les capteurs qui fait le relai, pour chaque message de panne on doit vérifier si la position il existe dans la liste des panne ou non.

Si la position existe dans la liste de panne on doit vérifier si la position indique un ancien panne on doit supprimer dans la liste des pannes et remplacer par la nouvelle position et continué la transmission.

Sinon ajouter la position dans la liste des pannes, continué la transmission.

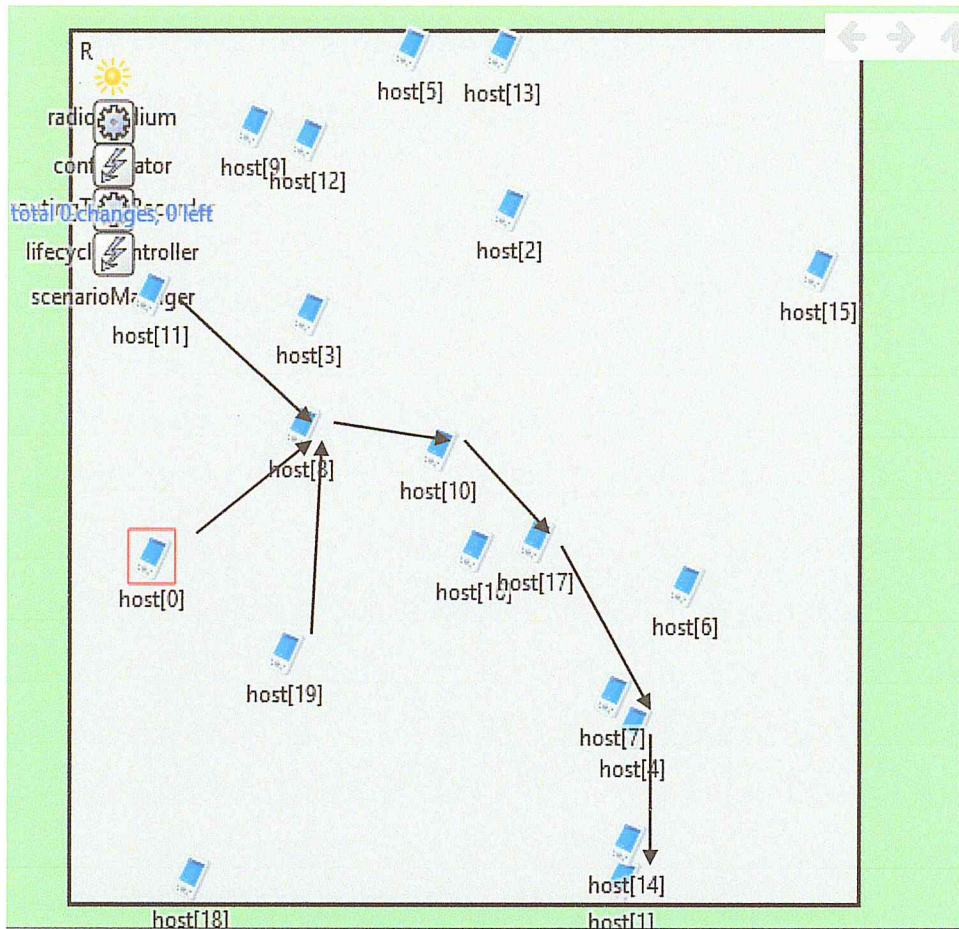


Figure 22: La détection dans le cas de minimiser le nombre de message

Le résultat : le nombre de messages recevoir par le sink 1 message

5.3 Comparaison entre les résultats

Host	Nombre de message dans le cas de redondance	Nombre de message dans le cas de minimisé la redondance
Host [0]	53	1
Host [11]	91	1
Host [19]	53	1
Host [0], Host [11], Host [19]	26	1

Figure 23: La présentation des résultats de simulation.

Le résultat : ce tableau représente les résultats de simulation dans 50 s.

6. Conclusion

Dans ce chapitre, le résultat obtenu dans le cas de minimisation du nombre de message de panne elle est bonne par rapport à le cas de redondance.

CONCLUSION GENERALE

La panne comme étant un événement aléatoire qui influence sur la qualité de couverture et la connectivité dans les réseaux de capteurs sans fil.

Le problème de la redondance est un problème qui affecte sur le nombre des messages et l'énergie des capteurs, l'avantage de la redondance pour la détection de la panne est de garantir l'envoi de message de panne jusqu'à au Sink.

Nous avons proposé une solution pour la détection et la minimisation de la redondance intégré au niveau de protocole de routage géographique GPSR. Pour faire l'acheminement des messages entre les capteurs.

Afin d'élaborer ce projet, nous avons commencé le travail par la définition de notre problème, les objectifs de notre travail, et les différents aspects qui ont une relation directe avec notre problème ou sa résolution et réalisation de notre proposition pour aboutir à la réalisation de l'application.

Notre solution comporte deux étapes, la récupération et l'intégration de la position de la panne aux paquets GPSR, en suite la vérification de la redondance (détection des messages redondants) et en fin minimisation de la redondance.

L'implémentation de cet algorithme prouve son efficacité, où il garantit la détection et la minimisation des messages redondants et il minimise l'envoi des messages redondants.

Le thème traité est un thème de recherche qui nécessite une continuité et pourquoi pas l'exploration de nouvelles méthodes et critères afin d'améliorer les résultats obtenus.

Perspectives

Tester cet algorithme pour d'autres protocoles de routage et faire des comparaisons avec d'autres solutions d'agrégation.

Bibliographie

Abdelhalim, A., & Belowatek, M. (2013). *Conception d'un algorithme de routage base sur l'heuristique de recuit simule pour le reseaux de capteurs a grande echelle.*

Badache, N., & Khelladi, L. (2004). *Les réseaux de capteurs : état de l'art.*

Bakhouya, M., & Nait-Sidi-Moh, A. (2009). *Localisation et routage géographique dans les réseaux MANETs.*

Benabbassi, Y. (2014). *Application de la redondance pour la surveillance par réseau de capteurs sans fil : Cas du réseau de capteurs image sans fil .*

Benabdallah, K. (2017). *Optimisation d'un protocole de routage AODV dans les Réseaux de capteur sans fil.*

Benahmed Daho, A. (2013). *Détection préventive de pannes guidée par les données dans les réseaux de capteurs sans fil.*

Benallal, w., & Hadj adda, a. (2014). *Mise en place d'un schéma de routage pour la tolérance aux pannes dans les RCSF.*

Benazzouz, M. (2013). *Surveillance de tout point d'une zone d'intérêt à l'aide d'un réseau de capteur multimédia sans fil.*

Boubiche, D. E. (2013). *Une approche Inter-Couches (cross-layer) pour la Sécurité dans les R.C.S.F.*

Boukhiar, A. (2016). *La tolérance aux pannes dans les réseaux de capteurs sans fil.*

Boulanouar, i. (2015). *Algorithmes de suivi de cible mobile pour les reseaux de capteur sans fil.*

Bounegta, N. (2010). *Approche distribuée pour la sécurité d'un réseau de capteurs sans fils (RCSF).*

Cedric, R. (2012). *Analyse des protocoles des Reseaux de capteurs sans fil.*

Challal, Y. (2016). *Réseaux de capteurs sans fil.*

Diane, I. (2014). *Optimisation de la consommation d'énergie par la prise en compte de la redondance de mesure dans les reseaux de capteurs .*

Dkhil, H. (2009). *Greedy perimeter statelss routing sur omnet++.*

Fekih, A., & Gorine, K. (2015). *Mise en place d'une application d'agregation des donnes dans un reseaux de capteur sans fil sous la plateforme contiki.*

Fletcher, & Greg. (2010). *Sensor placement and reloction by robot team.*

Challal, Y. (2008). *Réseaux de Capteurs Sans Fils.*

Fletcher, Greg, & Al. (2010). *Randomized robot assisted relocation of sensor for coverage repair in wireless sensor networks.*

Ghribi, h., & Benchaiba. (2017). *Directing robots to failures using a list.*

Hadj Adda, A. (2014). *Mise en place d'un schéma de routage pour la tolérance aux pannes dans les RCSF.*

Hamou, S., & Harkati, A. (2013). *La Gestion des Données dans les Réseaux de Capteurs sans Fil.*

Imane, Y., & Sidi Mohamed, K. (2016). *Routage dase sur les algorithmes genetiques dans les reseaux de capteurs a grande echelle.*

Kabou, s. (2010). *Etat de l'art sur les reseaux de capteur sans fil.*

Kazi Tani, C. (2014). *Implémentation et test d'un protocole de prévention de l'attaque Clone dans un réseau de capteurs sans fil.*

Khelifa, B. (2007). *Approche theorie des graphes pour la surveillance d'un reseaux de capteur sans fil.*

Regbi, M., & Boutelli, W. (2014). *Etudes des plateformes de simulation et d'émulations des NGN.*

Villalba, L. J., Orozco, A. L., & Trivino, A. (2009). *Routing Protocols in Wireless Sensor Networks.*

